《大物理专题》开始预售



382页



350页

《大物理专题》第七版，即将开始印刷，本书是任老师及其团队与上市公司天一集团、985高校出版社——东北师范大学出版社三方合作，联合完成的一套中学物理巨著，前后历时近七年，适合高一高二拔高，高三系统一轮复习，很多省级重点中学在使用，全书有183个精讲专题，高考内容全覆盖，是集知识、体系、模型、母题之大成的精品之作！也是众多物理教师的心爱之物！目录与试读见后面。

第七版与第六版变化地方

①第六版更多关注重点专题，第七版关注所有专题，所有专题知识又重新梳理，进一步进行完善，知识、模型、例题、习题更加完善；

②讲解册里面是知识、讲解、模型、例题，习题单独成册，习题册又名《严选精编》，对习题进行大幅度更新，加入了一些典型的24年高考真题；

③本次更新幅度较大，大约有60%，但原有知识没有删减，反而加了许多知识、模型、例题、习题，加强了本书可读性。

④第七版《大物理专题》彩色印刷，视觉效果更好，原有图片重新进行矢量绘制，书中图片线条粗细统一，图片中字母公式大小、字体统一，增加阅读舒适感。

⑤对第六版的少量已知错误进行修订，编委会老师与出版社一共对书进行五轮审核，每轮最少两位老师同时审核一个专题，确保内容严谨，讲解顺畅，前后连续性好。

我们将质量放在首位，即使每次审核校对是一个极大的工作，我们不敢追求速度而舍弃质量！

预售期间，购买《大物理专题》，赠《严选精编》及答案，共计900余页，139元全套四本。后期会调整销售价格。



试读部分给的是我自己排版内容，最终出版社排版是按照国标严格进行，效果更好，内容一样，最晚十月15号发货，团购价格更低，团购问题直接问任老师，大家微信上留个地址、收货信息、付款转账就可以，因为消息太多，回复不及时，收到大家转账就会登记好大家的信息，会第一时间发货。



考虑到一部分同学购买《大物理专题》是把它当做工具书使用，学校习题太多，所以我们决定取消讲解册与习题册的捆绑关系，不强制提供习题册；

但会有一些学校、学生会把《大物理专题》当做日常资料，希望用它进行深入学习，我们为这些人员提供《严选精编》；

预售期间，只要购买了《大物理专题》，就额外赠送《严选精编》。



前　言



亲爱的读者朋友们：

你们好！见字如面，欢迎你们选用《高中大物理专题》系列资料，我是一名中学物理老师，育人教书是我的工作，闲暇之余，我积累了许多高中物理的知识、模型、解题方法，逐渐地，我希望能够将所积累的内容写成一本书，既是记录，也可交流学习，感觉这是一件很有意义的事情。

一、七载时光，集众人之智，终成一书！

本书的编写工作源于2018年，确定了基本框架后，我深知这并不是一个人能够在短期内完成的事情，于是我在全国范围内多次向众多知名优秀的一线物理老师发出了编书邀请函，希望在工作之余能够集体打造一套高中物理学习的精品书，内容要求知识全面、体系完备、模型丰富经典、母题优质有代表性。

幸运的是，在我发出邀请后，许多优秀的老师与我取得联系，共同完善了这套资料，经过近七年的岁月、几百次的教研，从教研到编写再到审核，18个省（含直辖市）50余位一线老师参与，六个版本的更迭，上万名学生的使用，年年有不少使用本书的同学考上了清北及其他985、211高校，今年我们决定再次优化内容，且将我们的作品推向全国。

二、内容为王，出品必优！

本书编写的初衷是全面系统地解决高中阶段的物理学习中的问题，本书既适用于学生高一、高二培优，高三一轮复习，也可作为物理知识、模型类的工具书，方便老师备课使用。七年来，我们在教学过程中遇到任何问题，都会思考本书能否解决，如果不能，我们将进行补充，所以时至今日，本书能够给出绝大多数高中物理问题的解决方案，是一套全面的资料。本书拥有以下四个重要方面：

①最全面的知识。

书中涵盖高中物理内容的所有知识，以高考为基准，用简洁清楚的语言进行描述，方便读者进行知识、概念、定义的查找。

②最完备的体系。

《高中大物理专题》提供的是一个完备的高中物理学习方案，不是支离破碎的片段的组合，书中内容前后呼应，体系完备，读者跟随本书学习，从前往后会越来越顺畅。比如，书中“动力按照质量分配原则”章节的例题就是为后面“板块模型”打基础的，全反力专题不单是受力分析的一部分，也为后面斜面模型做了准备，所以从前往后学习下来，就会切身地体会到本书体系的完美之处。

③最经典的模型。

模型的学习是物理学习中无法绕过的一个过程，本书模型的总结以实用、全面、经典为宗旨，我们不会为了抓住一些物理学习者喜爱收集与利用模型的特点，博读者眼球而刻意追求花里胡哨，甚至将小众的题的解法写下来把它当作一个模型，那样会给读者带来较大的压力，实用性也会受限，模型的学习重在掌握建立模型的过程，捕获建模背后的思维，理解与运用基本知识背后的原理，这也是建模的意义，而不是单纯收集模型，死记结论。

④最优质的母题。

书中例题选用优质的高考题及我们团队亲自命的题，都是经过我们严格选择、精心编写的，我们对每道例题都提供了最适合学生的解题方法，一些题目会提供多种方法，不提供过分偏、难、怪的方法，在使用本书时，读者会真正感受到书中的“一题多解”与“多题一解”的奥妙。

东北师范大学出版社

三、使用本书的益处

如果是青年教师使用本书，可以快速掌握丰富的高中物理体系，参考本书备课，能够大大减小备课压力，方便教学；如果是学生使用本书，高一、高二可进行选择性培优，高三可进行系统的一轮复习，能够快速提升物理素养。本书是师生共同的良师益友、学习与提高的不二之选。

值得注意的是，我们对书中个别内容有独特设计，本书针对的是新教材，但物理新旧教材内容变化非常少，有个别地方我们暂时还未删去旧教材的部分知识，比如惠更斯原理，新教材中已经删去，但是这个知识讲解也就花费几分钟时间，我们认为讲解惠更斯原理能够让学生更好地理解波动模型，类似的地方我们在书中都用星号做了特殊标注。

四、结束语

真心感谢《高中大物理专题》编委会中参加教研、编写、审校的各位老师的辛勤付出，感谢广大读者的支持与建议。我们深知，唯有拿出来好的作品，才能够不辜负广大读者对我们的信任与支持，同时我们也始终坚持把读者的体验感放在首位。

本书虽经过多次审核、校对、修订，但由于我们精力与水平有限，仍有部分疏漏与不足，还望读者见谅，同时我们也希望您能够与我们反馈与交流，我们也愿意聆听与改进。因为挚爱，所以我们还会一直坚持！

祝读者一切美好！

《高中大物理专题》编者

2024 年 8 月于郑州

东北师范大学出版社

东北师范大学出版社

目　录

第一章　直线运动

专题一　运动的描述与运动学物理量互求…… 001
专题二　匀减速直线运动的逆向思维…… 004
专题三　相对速度法解决运动学问题…… 005
专题四　运动学多过程问题…… 006
专题五　静加减静模型…… 007
专题六　运动学比例公式…… 008
专题七　运动学图像问题…… 010
专题八　运动学追及相遇…… 013

第二章　相互作用

专题九　重力…… 016
专题十　弹力…… 017
专题十一　摩擦力…… 019
专题十二　受力分析…… 021
专题十三　全反力、摩擦角与自锁现象 …… 027

第三章　牛顿定律

专题十四　牛顿三定律…… 030
专题十五　牛顿第二定律的应用…… 034
专题十六　斜面问题…… 036
专题十七　动力按质量分配原则…… 040
专题十八　隔离法解决牛顿运动定律问题…… 043
专题十九　牛顿运动定律临界问题…… 044
专题二十　弹簧模型…… 046
专题二十一　传送带模型…… 050
专题二十二　板块模型…… 054

第四章　曲线运动

专题二十三　力与曲线运动…… 060
专题二十四　运动的合成与分解…… 061
专题二十五　平抛运动…… 065
专题二十六　斜抛运动…… 068
专题二十七　圆周运动…… 071
专题二十八　圆锥摆…… 074
专题二十九　传动模型…… 076
专题三十　圆周运动临界问题…… 077
专题三十一　绳、杆连球与凸、凹形桥模型…… 080
专题三十二　离心运动与向心运动…… 082
专题三十三　火车转弯…… 083

第五章　万有引力

专题三十四　天体物理学史…… 085
专题三十五　开普勒三定律…… 086
专题三十六　万有引力定律…… 087
专题三十七　高轨、低速、大周期与宇宙速度 …… 090
专题三十八　测中心天体质量与密度…… 092
专题三十九　变轨问题…… 094
专题四十　天体追及相遇问题…… 096
专题四十一　卫星遮挡问题…… 097
专题四十二　天体运动比例问题…… 098
专题四十三　多星问题…… 099

第六章　功能关系

专题四十四　功、功率 …… 102
专题四十五　机车启动…… 105
专题四十六　功能关系…… 107
专题四十七　绳、杆连球模型功能关系问题 … 112

第七章　静电场

专题四十八　电荷守恒定律与库仑定律…… 117
专题四十九　库仑定律与受力分析…… 118
专题五十　多电荷相互作用问题…… 119
专题五十一　电场与电场线…… 120
专题五十二　电场强度常见求解方法…… 122

东北师范大学出版社

专题五十三　电势、电势能、电势差、等势面 … 125
专题五十四　双电荷电场、电势问题 …… 128
专题五十五　静电场中功能关系…… 130
专题五十六　静电平衡与静电屏蔽…… 133
专题五十七　电容器…… 134
专题五十八　带电粒子在电场中的直线运动 ……
…… 137
专题五十九　类平抛运动…… 138
专题六十　等效重力场…… 140
专题六十一　电场中运动的合成与分解…… 142
专题六十二　带电粒子在变化电场中的运动 ……
…… 144

第八章　恒定电流

专题六十三　电流、电源、电动势…… 147
专题六十四　部分电路欧姆定律…… 148
专题六十五　串联与并联电路…… 149
专题六十六　纯电阻电路电功计算…… 151
专题六十七　非纯电阻电路电功计算…… 152
专题六十八　电阻定律…… 153
专题六十九　闭合电路欧姆定律…… 155
专题七十　动态电路分析…… 157
专题七十一　电源功率与效率…… 158
专题七十二　含电容器电路分析…… 160
专题七十三　电路故障分析…… 161

第九章　磁场

专题七十四　磁场基础…… 163
专题七十五　带电粒子在磁场中的运动…… 166
专题七十六　单边界磁场与放缩圆、平移圆模型…
…… 167
专题七十七　粒子源(旋转圆)模型 …… 168
专题七十八　双边界磁场…… 170
专题七十九　多边界磁场…… 171
专题八十　圆形磁场…… 173
专题八十一　最小磁场面积问题…… 176
专题八十二　磁磁交替场…… 178
专题八十三　电磁复合场……
专题八十四　电磁场综合运用……

第十章　电磁感应

专题八十五　电磁学物理学史…… 191
专题八十六　电磁感应基础…… 192
专题八十七　楞次定律…… 193
专题八十八　感生电动势…… 195
专题八十九　动生电动势与单棒切割模型…… 196
专题九十　旋转切割…… 200
专题九十一　电磁感应与电容问题…… 202
专题九十二　双棒切割…… 203
专题九十三　线框切割与感应类图像问题…… 208
专题九十四　互感与自感…… 211
专题九十五　涡流、电磁阻尼与电磁驱动 …… 213

第十一章　交变电流

专题九十六　交变电流基础…… 215
专题九十七　交变电流四值问题…… 216
专题九十八　变压器…… 220
专题九十九　变压器动态分析…… 222
专题一百　容抗与感抗…… 223
专题一百零一　远距离输电…… 225

第十二章　热学

专题一百零二　分子的两种模型…… 227
专题一百零三　分子热运动…… 228
专题一百零四　分子间作用力…… 229
专题一百零五　内能…… 230
专题一百零六　分子热运动速率统计规律…… 231
专题一百零七　气体压强…… 232
专题一百零八　气体规律…… 233
专题一百零九　活塞、气缸、液柱问题…… 235
专题一百一十　晶体与非晶体…… 237
专题一百一十一　表面张力…… 238
专题一百一十二　液晶…… 239
*专题一百一十三　湿度 …… 240

东北师范大学出版社

专题一百一十四　热力学第一定律…… 241
专题一百一十五　热力学第二定律…… 244
专题一百一十六　热力学综合运用…… 245

第十三章　简谐运动

专题一百一十七　简谐运动…… 249
专题一百一十八　解析式法与比例法求解简谐运动问题…… 250
专题一百一十九　割补法求解简谐运动问题 …… 252
专题一百二十　简谐运动相关问题…… 253
专题一百二十一　振动力学问题…… 254
专题一百二十二　单摆…… 255
专题一百二十三　振动图像…… 257
专题一百二十四　阻尼振动与受迫振动…… 258

第十四章　机械波

专题一百二十五　波的基础知识…… 260
专题一百二十六　波形图…… 261
专题一百二十七　振动图像与波图像…… 263
专题一百二十八　解析式法与比例法求解波动问题…… 264
专题一百二十九　求解波动路程、位移问题 … 265
专题一百三十　波的多解问题…… 266
专题一百三十一　平移法解决波动问题…… 267
专题一百三十二　波动时间问题…… 268
专题一百三十三　不同波长的两波波峰波谷重合点…… 269
* 专题一百三十四　波的反射、折射、干涉与衍射…… 270
专题一百三十五　多普勒效应…… 272

第十五章　光学

专题一百三十六　折射定律…… 275
专题一百三十七　光的全反射…… 276
专题一百三十八　玻璃砖…… 279
专题一百三十九　色散……
专题一百四十　光的干涉、衍射、偏振
专题一百四十一　电磁振荡……
专题一百四十二　激光、电磁波、相对论…… 287

第十六章　动量

专题一百四十三　动量、动量定理 …… 290
专题一百四十四　动量守恒定律…… 292
专题一百四十五　碰撞…… 293
专题一百四十六　一个方向动量守恒…… 296
专题一百四十七　子弹打木块…… 297
专题一百四十八　动量学弹簧模型…… 299
专题一百四十九　动量学板块模型…… 301
专题一百五十　人船模型、爆炸、反冲…… 303
专题一百五十一　流体动量学…… 307

第十七章　量子化

专题一百五十二　黑体辐射与量子化…… 309
专题一百五十三　光电效应…… 311
专题一百五十四　康普顿效应…… 313
* 专题一百五十五　波粒二象性与不确定性关系…… 314
专题一百五十六　原子的核式结构…… 316
专题一百五十七　氢原子光谱…… 317
专题一百五十八　玻尔理论…… 318
专题一百五十九　氢原子能级图…… 319

第十八章　原子物理

专题一百六十　原子核与衰变…… 321
专题一百六十一　原子核能量问题…… 323
专题一百六十二　半衰期…… 325
专题一百六十三　裂变与聚变…… 325

第十九章　实验专题

专题一百六十四　匀变速直线运动规律实验 …… 327

东北师范大学出版社

专题一百六十五　胡克定律实验…… 329
专题一百六十六　验证平行四边形定则实验 ……
…… 332
专题一百六十七　探究加速度与力、质量的关系
实验 …… 334
专题一百六十八　平抛运动规律实验…… 336
专题一百六十九　圆周运动规律实验…… 340
专题一百七十　功能关系实验…… 342
专题一百七十一　游标卡尺与螺旋测微器读数 …
…… 346
专题一百七十二　电表的改装与读数…… 347
专题一百七十三　测电阻实验…… 349
专题一百七十四　测金属电阻率实验…… 354
专题一百七十五　小灯泡伏安特性曲线实验 ……
…… 357
专题一百七十六　测电源电动势与内阻实验 ……
…… 358
专题一百七十七　多用电表实验…… 363
专题一百七十八　油膜法估测分子的大小实验 …
…… 367
专题一百七十九　气体等温变化规律实验…… 369
专题一百八十　单摆测量重力加速度实验…… 372
专题一百八十一　测量玻璃砖折射率实验…… 374
专题一百八十二　双缝干涉测量光的波长实验 …
…… 377
专题一百八十三　验证动量守恒定律实验…… 379

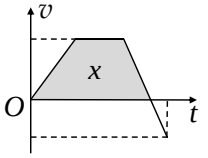
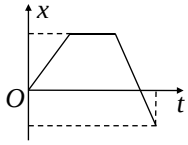
东北师范大学出版社

东北师范大学出版社

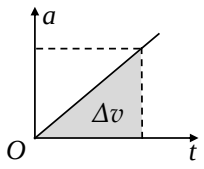
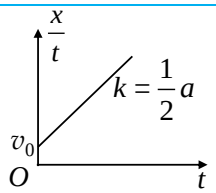
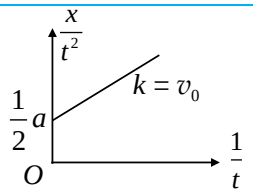
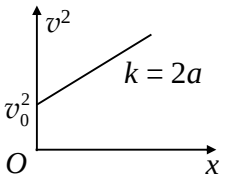
专题七 运动学图像问题

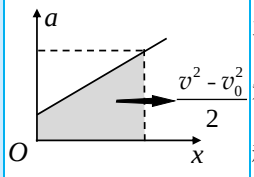
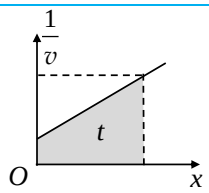
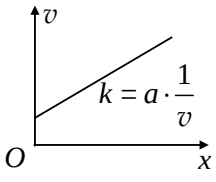
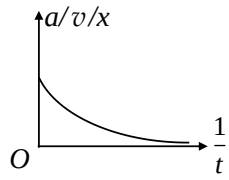
必备知识

一、$v-t$ 图像与 $x-t$ 图像

图像类型	示意图	斜率	横截距	纵截距	与时间轴围成的面积	大小比较
$v-t$ 图像		斜率表示加速度，斜率大加速度大，斜率正负表示加速度方向。	该时刻速度为 0	初速度	面积表示位移的大小，在 t 轴上方的“面积”值为正位移，t 轴下方的“面积”值为负位移。	矢量比较大小只看大小不看正负，越远离 t 轴表示速度或位移越大，反之越小。
$x-t$ 图像		斜率表示速度，斜率大速度大，斜率正负表示速度方向。	该时刻位移为 0	初始位移	无意义	

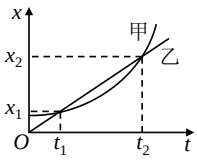
二、特殊图像

图像类型	示意图	分析
$a-t$ 图像		图像与 t 轴围成的面积代表速度变化量 Δv。
$\frac{x}{t}-t$ 图像		写出 $\frac{x}{t}=v_0+\frac{1}{2}at$，进一步知道斜率是 $\frac{1}{2}a$，纵轴截距是 v_0。
$\frac{x}{t^2}-\frac{1}{t}$ 图像		写出 $\frac{x}{t^2}=v_0\frac{1}{t}+\frac{1}{2}a$，进一步知道斜率是 v_0，纵轴截距是 $\frac{1}{2}a$。
v^2-x 图像		写出 $v^2=2ax+v_0^2$，进一步知道斜率是 $2a$，纵轴截距是 v_0^2。

图像种类	示意图	分析
$a-x$ 图像		写出 $ax=\frac{v^2-v_0^2}{2}$，进一步知道图像与 x 轴围成的面积代表 $\frac{v^2-v_0^2}{2}$。
$\frac{1}{v}-x$ 图像		图像与 x 轴围成的面积代表运动的时间 t。
$v-x$ 图像		斜率是 $\frac{\Delta v}{\Delta x}=\frac{\Delta v}{\Delta t}\cdot\frac{\Delta t}{\Delta x}=a\cdot\frac{1}{v}$。
$a/v/x-\frac{1}{t}$ 图像		进行图像分析时，从 $t=0$ 时刻，也就是 $\frac{1}{t}\to\infty$ 时开始。

例题引领

例 1 甲乙两车在同一平直公路上同向运动，甲做匀加速直线运动，乙做匀速直线运动，甲乙两车的位置 x 随时间 t 的变化如图所示。下列说法正确的是（　　）



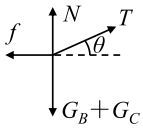
A．在 t_1 时刻两车速度相等　　B．从 0 到 t_1 时间内，两车走过的路程相等

C．从 0 到 t_2 时间内，两车走过的位移相等　　D．从 t_1 到 t_2 时间内的某时刻，两车速度相等

解析： A、图像的斜率大小表示速度的大小，由图像知，在 t_1 时刻两车速度不相等，A 错；B、甲乙两车初始位置不同，故在 0 到 t_1 时间内，两车的路程不等，B 错；C、甲乙两车初始位置不同，故在 0 到 t_2 时间内，两车的位移不等，C 错；D、图像的斜率表示速度大小，根据图像知从 t_1 到 t_2 时间内的某时刻，两车速度相等，D 对。

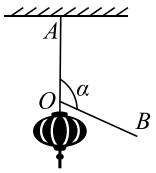
答案： D

则 BC 间的摩擦力可能一直减小，也可能先减小到零后再反向增加；A 错；B、C 对 B 的作用力大小等于 C 对 B 的支持力与摩擦力的合力，C 对 B 的支持力不变，摩擦力变化情况不确定，因此 C 对 B 的作用力大小变化情况不确定，B 错；C、以 BC 整体受力分析，分析受力如图，根据平衡条件得知：水平面对 C 的摩擦力 $f=T\cos\theta=G_A\cos\theta$，方向水平向左，$A$ 的重力减小，地面对 C 的摩擦力在减小，C 对；D、水平面对 C 的摩擦力方向水平向左，由牛顿第三定律，C 对地面的摩擦力方向始终水平向右，D 对。



答案：CD

例 9 （多选）如图，轻绳 AB 的一端 A 固定，中间某点 O 栓一灯笼，用手拉住绳的另一端 B，初始时，OA 与 OB 之间的夹角为 α（$\alpha>\frac{\pi}{2}$），现将灯笼向右上方缓慢拉起，并保持夹角 α 不变，在 OA 由图示位置被拉到水平的过程中（　　）



A．OB 上的张力逐渐增大　　B．OB 上的张力先增大后减小

C．AO 上的张力逐渐增大　　D．AO 上的张力先增大后减小

解析 【方法一】以 O 点为研究对象，受重力 mg（实际是竖直向下拉力，可认为灯笼与 O 点距离足够小，将灯笼看成在 O 点上），OA 绳上拉力 T_{OA}，OB 上拉力 T_{OB}，由平衡条件知，三个力合力始终为零，如图 1，在圆中作出三力的矢量三角形，在 T_{OA} 转至水平的过程中，T_{OB} 逐渐增大，T_{OA} 先增大后减小，AD 对。

【方法二】如图 2，对结点 O 进行受力分析，设 T_{OA} 与 mg 的夹角为 β，则 mg 与 T_{OB} 的夹角为 $2\pi-\alpha-\beta$，对三力用拉密定理有 $\frac{mg}{\sin\alpha}=\frac{T_{OA}}{\sin(2\pi-\alpha-\beta)}=\frac{T_{OB}}{\sin\beta}$，在 T_{OA} 转至水平的过程中，β 的角度从 π 变化到 $\frac{\pi}{2}$，$2\pi-\alpha-\beta$ 的角度从 $\pi-\alpha$ 变化到 $\frac{3\pi}{2}-\alpha$，由题知 $\pi-\alpha$ 为锐角，$\frac{3\pi}{2}-\alpha$ 为钝角，由三角函数知识知 $\sin\beta$ 逐渐增大，$\sin(2\pi-\alpha-\beta)$ 先增大后减小，故 T_{OB} 逐渐增大，T_{OA} 先增大后减小，AD 对。

一题多解

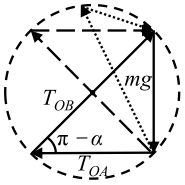


图1

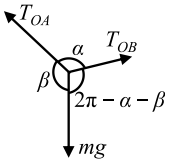


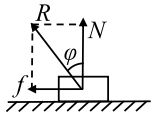
图2



答案：AD

专题十三 全反力、摩擦角与自锁现象

必备知识 没有展现完

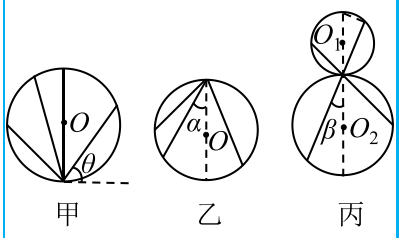
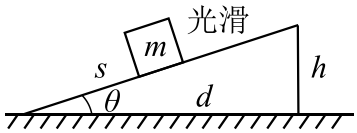
	定义与理解	图示
全反力	支持力与摩擦力的合力叫全反力(图中 R)；其方向会随着静摩擦力方向的变化而变化；如果是滑动摩擦，全反力方向不变。	
摩擦角	当静摩擦达到最大时(一般认为静摩擦等于滑动摩擦)，全反力与支持力的夹角叫摩擦角（图中角 φ），且 $\tan\varphi=\frac{f}{N}=\frac{\mu N}{N}=\mu$。	

专题十六 斜面问题 斜面所有问题大全

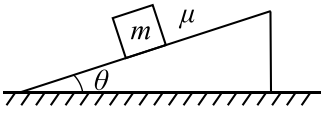
必备知识

一、斜面体问题处理方法：明确斜面体是否光滑、物块有无初速度，粗糙水平面上斜面体[illegible]离法或者隔离法分析物块与斜面体间、斜面体与水平面间的受力情况，确定研究对象的[illegible]象的加速度、运动时间、速度、位移等物理量。

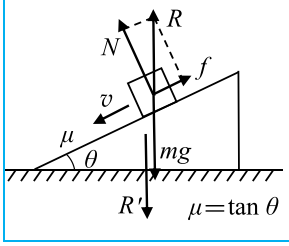
三、斜面下滑时间模型

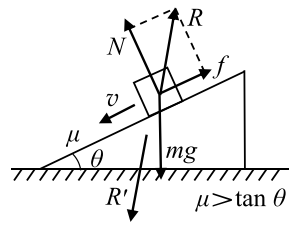
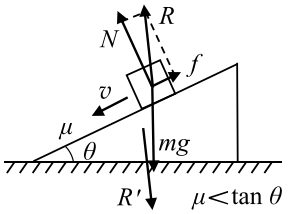
	分析与结论	
等时圆模型	①质点从竖直面内的圆环上沿不同的光滑弦上端由静止开始滑到环的最低点所用时间相等，如图甲所示，时间为 $t=2\sqrt{\frac{R}{g}}$。 ②质点从竖直面内的圆环上最高点沿不同的光滑弦由静止开始滑到下端所用时间相等，如图乙所示，时间为 $t=2\sqrt{\frac{R}{g}}$。 ③两个竖直圆环相切且两环的竖直直径均过切点，质点沿不同的光滑弦上端由静止开始滑到下端所用时间相等，如图丙所示。 ④证明(甲图为例)：位移 $s=2R\sin\theta$，根据 $s=\frac{1}{2}at^2$ 知，$t=\sqrt{\frac{2s}{a}}=\sqrt{\frac{2\times 2R\sin\theta}{g\sin\theta}}=2\sqrt{\frac{R}{g}}$，显然 t 与 θ 无关。	 甲 乙 丙
等高、等宽斜面下滑时间模型	①h 一定时，因 $\frac{h}{\sin\theta}=\frac{1}{2}at^2$，$t=\frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{2h}{g}}$，$\theta$ 越小，d、S 越长，时间越长。 ②d 一定时，因 $\frac{d}{\cos\theta}=\frac{1}{2}at^2$，$t=\sqrt{\frac{2d}{g\sin\theta\cos\theta}}=\sqrt{\frac{4d}{g\sin 2\theta}}$，当 $\theta=45°$ 时，$t_{min}=2\sqrt{\frac{d}{g}}$。	

三、质量为 m 的物体，放在倾角为 θ、摩擦因数为 μ 的斜面上运动情况

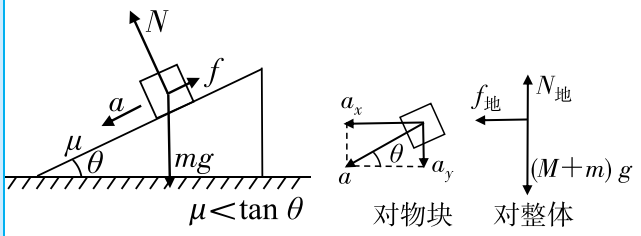
图示	条件	最大静摩擦力与重力沿斜面向下的分力比较	运动状态
	$\mu>\tan\theta$	$\mu mg\cos\theta>mg\sin\theta$	物体静止，摩擦力为静摩擦力，大小为 $mg\sin\theta$
	$\mu=\tan\theta$	$\mu mg\cos\theta=mg\sin\theta$	物体恰好下滑，或恰好静止
	$\mu<\tan\theta$	$\mu mg\cos\theta<mg\sin\theta$	物体加速下滑，加速度 $a=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$；摩擦力为滑动摩擦力，大小为 $\mu mg\cos\theta$

四、用全反力分析物块沿静止斜面下滑运动

情况与图示	分析（物块与斜面质量分别为 m、M）	其他
	物块在斜面上做匀速直线运动，所受全反力 R 竖直向上，与重力平衡，物块对斜面的合作用力 R' 竖直向下，地面对斜面无摩擦力，整个系统处于平衡状态，地面对斜面的支持力为 $(m+M)g$。	只要物块沿斜面下滑，对物块上施加外力时，由于摩擦力与支持力满足 $f=\mu N$，二者会成比例变化，即 $\Delta f=\mu\Delta N$，

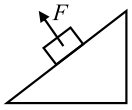
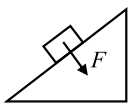
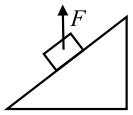
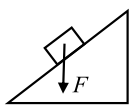
	物块在斜面上做匀减速直线运动，所受全反力 R 偏向斜面厚的一侧，物块所受合力沿斜面向上（超重），物块对斜面的合作用力 R'偏向斜面薄的一侧，地面对斜面的摩擦力水平向右，整个系统处于超重状态，地面对斜面的支持力大于（$m+M$）g。	因此全反力方向不会改变，物块对斜面的合作用力 R'方向不会改变，故地面对斜面的摩擦力方向也不会变化。
	物块在斜面上做匀加速直线运动，所受全反力 R 偏向斜面薄的一侧，物块所受合力沿斜面向下（失重），物块对斜面的合作用力 R'偏向斜面厚的一侧，地面对斜面的摩擦力水平向左，整个系统处于失重状态，地面对斜面的支持力小于（$m+M$）g。	

五、质心系牛顿第二定律分析物块沿静止斜面下滑运动

方法	①列出质心系牛顿第二定律：$F_{合}=m_1\vec{a}_1+m_2\vec{a}_2+\cdots\cdots+m_n\vec{a}_n$； ②对质心系牛顿第二定律正交分解：$\begin{cases}F_{x合}=m_1\vec{a}_{x1}+m_2\vec{a}_{x2}+\cdots\cdots+m_n\vec{a}_{xn}\\F_{y合}=m_1\vec{a}_{y1}+m_2\vec{a}_{y2}+\cdots\cdots+m_n\vec{a}_{yn}\end{cases}$ 普适方法
案例分析	 （物块与斜面质量分别为 m、M，物块在静止斜面上做匀加速下滑运动） ①对物块进行受力分析、用牛顿第二定律有：mgsinθ—μmgcosθ=ma； ②对加速度进行正交分解：$a_x=a\cos\theta$，$a_y=a\sin\theta$； ③对系统用质心系牛顿第二定律：案例分析 $\begin{cases}F_{x合}=f_{地}=ma_x+M\cdot 0\\F_{y合}=(m+M)g-N_{地}=ma_y+M\end{cases}$ 联立解得：$\begin{cases}f_{地}=mg(\sin\theta-\mu gc\\N_{地}=Mg+mg(\mu\cos\end{cases}$

例题 引领

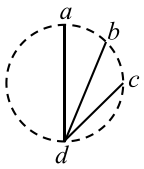
例 1 物块静止在固定的斜面上，再分别按图示方向对物块施加大小相等的力 F，A 中 F 垂直于斜面向上，B 中 F 垂直于斜面向下，C 中 F 竖直向上，D 中 F 竖直向下，施力后可能会使物块沿斜面下滑的是（　　）

A. 
B. 
C. 
D. 

解析 物块静止在斜面上，设斜面的倾角为 θ，有 $f=mg\sin\theta\leqslant\mu mg\cos\theta$，即 $\tan\theta\leqslant\mu$；A、施加垂直斜面向上的 F 后，物块与斜面间压力减小，最大静摩擦力也减小，则重力沿斜面向下的分力可能大于最大静摩擦力，可能下滑，A 对；B、施加垂直斜面向下的 F 后，物块与斜面间压力增大，最大静摩擦力增大，则重力沿斜面向下的分力一定小于最大静摩擦力，不可能下滑，B 错；C、对木块 A 施加一个竖直向上的力，由于$(mg-F)\sin\theta$ 依旧小于 $\mu(mg-F)\cos\theta$，木块不可能下滑，C 错；D、对木块 A 施加一个竖直向下的力，由于$(F+mg)\sin\theta$ 依旧小于 $\mu(F+mg)\cos\theta$，木块不可能下滑，D 错。

答案： A

例 2 如图，ad、bd、cd 是竖直面内三根固定的光滑细杆，a、b、c、d 位于同一圆周上，a 点为圆周的最高点，d 点为最低点，每根杆上都套着一个小滑环（图中未画出），三个滑环分别从 a、b、c 处静止释放，用 t_1、t_2、t_3 分别表示滑环到达 d 所用的时间，则（　　）



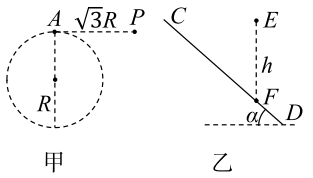
A．$t_1 < t_2 < t_3$　　B．$t_1 > t_2 > t_3$

C．$t_3 > t_1 > t_2$　　D．$t_1 = t_2 = t_3$

解析 设杆与水平方向的夹角为 θ，对小滑环受力分析，将小滑环的重力沿杆的方向和垂直杆的方向正交分解，根据牛顿第二定律得 $a=g\sin\theta$，故小滑环做初速为零的匀加速直线运动，小滑环的位移 $s=2R\sin\theta$，根据 $s=\frac{1}{2}at^2$ 知，$t=\sqrt{\frac{2s}{a}}=\sqrt{\frac{2\times 2R\sin\theta}{g\sin\theta}}=\sqrt{\frac{4R}{g}}$，显然 t 与 θ 无关，$t_1=t_2=t_3$。

答案： D

例 3 滑滑梯是小朋友们爱玩的游戏，甲图中，A 为在竖直平面内的圆周的最高点，已知圆周半径为 R 的竖直平面内有一与 A 等高 P 点，距离 A 点为 $\sqrt{3}R$，设计一部上端在 P 点，下端在圆周上某点的滑梯；乙图中，CD 为倾角为 α 的长斜面，F 在斜面上，且 EF 为竖直方向，EF 长度为 h，设计一部上端在 E 点，下端在斜面某点的直滑梯，两图中，小朋友沿所设计滑梯由最高点静止滑下时，各滑梯的摩擦均不计，重力加速度为 g。在两滑梯上运动的最短时间分别是多少？



甲　　乙

如何构造，怎么构造，姥师改编好题

解析 甲图中，如图 1，画出以 P 点为最高点、半径为 r 与题图中圆外切的圆，如图，设切点为 B，由“等时圆模型”的结论，当小朋友沿滑梯 PB 下滑时，在滑梯上运动的时间最短，且 $t_{甲}=\sqrt{\frac{4r}{g}}$，由几何关系知 $(R+r)^2=(R-r)^2+(\sqrt{3}R)^2$，联立解得 $t_{甲}=\sqrt{\frac{3R}{g}}$；乙图中，【方法一】如图 2，画出以 E 点为最高点、半径为 r' 与题图中斜面 CD 相切的圆，设切点为 G，由“等时圆模型”的结论，当小朋友沿滑梯 EG 下滑时，在滑梯上运动的时间最短，且 $t_{乙}=\sqrt{\frac{4r'}{g}}$，由几何关系知 $r'+\frac{r'}{\cos\alpha}=h$，联立解得 $t_{乙}=2\sqrt{\frac{h\cos\alpha}{(1+\cos\alpha)g}}$；【方法二】设图 3 中方案时间最短，一题多解

由几何关系有 $\frac{s}{\sin(90°-\alpha)}=\frac{h}{\sin(90°-\theta-\alpha)}$，由受力分析、牛顿第二定律知加速度 $a=\frac{mg\sin(90°-\theta)}{m}=g\cos\theta$，由位移时间公式有 $s=\frac{1}{2}at^2$，整理得 $t=\sqrt{\frac{2h\cos\alpha}{g\cos(\theta-\alpha)\cos\theta}}$，设 $y=\cos(\theta-\alpha)\cos\theta$，则 $y'=\sin(\alpha-2\theta)$，显然当 $\theta=\frac{\alpha}{2}$ 时，$t_{乙}=2\sqrt{\frac{h\cos\alpha}{(1+\cos\alpha)g}}$。

答案： $t_{甲}=\sqrt{\frac{3R}{g}}$；$t_{乙}=2\sqrt{\frac{h\cos\alpha}{(1+\cos\alpha)g}}$。

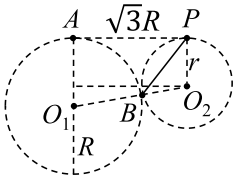


图1

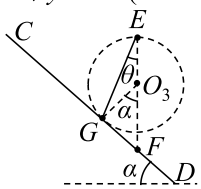


图2

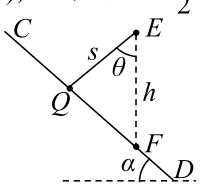
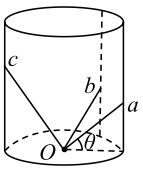


图3

例 4 如图，圆柱形的仓库内有三块长度不同的滑板 aO、bO、cO，其下端都固定于底部圆心 O，而上端则搁在仓库侧壁上，三块滑板与水平面的夹角依次是 30°、45°、60°，若有三个小孩同时从 a、b、c 处开始下滑（忽略阻力）则（　　）



A．a 处小孩最先到 O 点　　B．b 处小孩最后到 O 点

C．c 处小孩最先到 O 点　　D．a、c 处小孩同时到 O 点

解析 光滑斜面上的加速度 $a=g\sin\theta$，斜面的长度 $s=\frac{R}{\cos\theta}$，根据位移时间公式 $s=\frac{1}{2}at^2$，整理可得 $t^2=\frac{2R}{g\sin\theta\cos\theta}$，

带入数据可得 $t_a^2=\frac{8\sqrt{3}R}{3g}$，$t_b^2=\frac{4R}{g}$，$t_c^2=\frac{8\sqrt{3}R}{3g}$，故 $t_b<t_a=t_c$，即 b 先到 O 点，ac 同时到 O 点。

答案：D

例 5 （多选）一物体能沿倾角为 30°的斜劈匀速下滑。现给斜面倾角变为 θ，给滑块一个沿斜面向下初速度，地面对斜劈的支持力为 N，一段时间后对滑块施加如图所示力 F，F 与竖直方向夹角也为 θ，地面对斜劈的摩擦力为 f，已知物块质量为 m，斜面质量为 M，重力加速度为 g，斜劈始终静止，不考虑滑块静止情况，下列判断正确的是（　　）

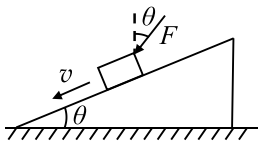
A．$\theta=30°$，f 方向水平向右，$N<(m+M)g$

B．$\theta=30°$，$f=0$，$N=(m+M)g$

C．$\theta=45°$，f 方向水平向右，$N>(m+M)g$

D．$\theta=15°$，f 方向水平向右，$N>(m+M)g$

在老师命题



解析 物块在 30°的斜劈上匀速下滑时，满足 $\mu=\tan\theta$，物块受到全反力与重力平衡，全反力方向竖直向上，由牛顿第三定律知滑块对斜面体的作用力方向竖直向下且等于 mg，故 $f=0$，$N=(m+M)g$；物块在[illegible]时，满足 $\mu<\tan\theta$，物块受到全反力与重力的合力沿斜面向下，物块处于失重状态，即 $N<(m+M)g$，全反力方向为左上方，由牛顿第三定律知滑块对斜面体的作用力方向为右下方，故地面对斜面的摩擦力水平向右；当 $\theta=15°$的斜劈上下滑时，满足 $\mu>\tan\theta$，物块受到全反力与重力的合力沿斜面向上，物块处于超重状态，即 $N>(m+M)g$，全反力的方向为右上方，由牛顿第三定律知滑块对斜面体的作用力方向为左下方，故地面对斜面的摩擦力水平向右；当加推力 F，物块沿斜面下滑时，由滑动摩擦力公式 $f=\mu N$ 知，支持力和滑动摩擦力同比例变化，故全反力的方向不变，不影响地面对斜面摩擦力方向的判定，故 AC 错，BD 对。



答案：BD

例 6 如图所示，在水平桌面上有一个质量为 M 且倾角为α的斜面体。一个质量为 m 的物块，在平行于斜面的拉力 F 作用下，沿斜面向下做加速运动，斜面体始终处于静止状态。已知物块与斜面间的动摩擦因数为 μ，且 $\mu>\tan\alpha$，重力加速度为 g。下列结论正确的是（　　）

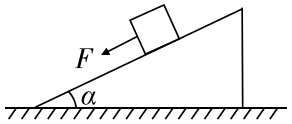
A．物块加速度大小为 $g\sin\alpha-\mu g\cos\alpha$

B．桌面对斜面体的支持力大小是 $Mg+mg\cos^2\alpha+\mu mg\cos\alpha\sin\alpha$

C．桌面对斜面体的摩擦力大小是 $\mu mg\cos^2\alpha-mg\cos\alpha\sin\alpha$

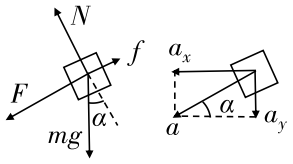
D．若仅增大 F 使物块沿斜面向下做匀加速运动，桌面对斜面体的支持力将变大

老师命题

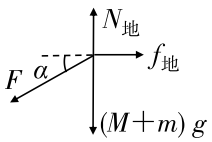


解析 A、对物块受力分析、用牛顿第二定律有 $F+mg\sin\alpha-\mu mg\cos\alpha=ma$，解得 $a=g\sin\alpha-\mu g\cos\alpha+\frac{F}{m}$，A 错；

BC、对物块和斜面整体受力分析，假设地面对整体摩擦力水平向右，利用质心系牛顿第二定律有 $F\sin\alpha+(m+M)g-N_{地}=ma_y$，$F\cos\alpha-f_{地}=ma_x$，其中 $a_y=a\sin\alpha$，$a_x=a\cos\alpha$，解得，$N_{地}=Mg+mg\cos^2\alpha+\mu mg\cos\alpha\sin\alpha$，$f_{地}=\mu mg\cos^2\alpha-mg\cos\alpha\sin\alpha>0$，显然摩擦力方向假设正确，故 BC 对；D、仅增大 F 使物块沿斜面向下做匀加速运动，斜面体受力不变，支持力不变，D 错。



对物块



对整体

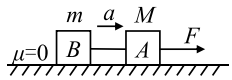
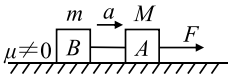
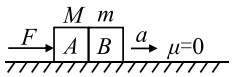
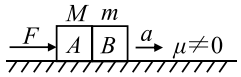
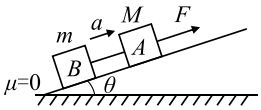
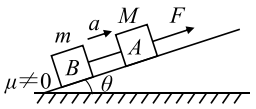
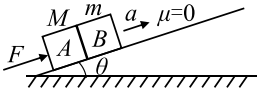
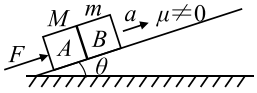
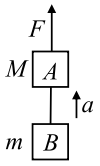
答案：BC

专题十七 动力按质量分配原则

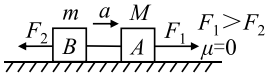
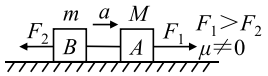
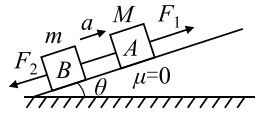
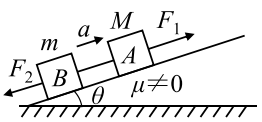
必备 知识

加速度相同的连接体问题大多是用整体隔离法受力分析，列出牛顿定律去解决，学习中掌握整体隔离分析的方法。

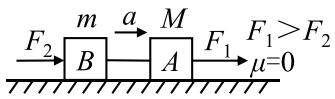
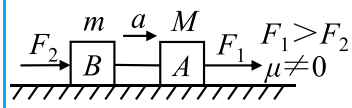
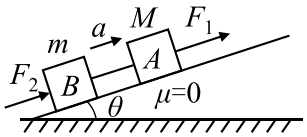
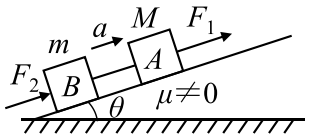
一、案例一：系统受一个外力

示意图	整体隔离受力分析	
	整体法：$F=(m+M)a$ 隔离B：$F'=ma$	$F'=\dfrac{mF}{m+M}$
	整体法：$F-\mu(m+M)g=(m+M)a$ 隔离B：$F'-\mu mg=ma$	
	整体法：$F=(m+M)a$ 隔离B：$F'=ma$	
	整体法：$F-\mu(m+M)g=(m+M)a$ 隔离B：$F'-\mu mg=ma$	
	整体法：$F-(m+M)g\sin\theta=(m+M)a$ 隔离B：$F'-mg\sin\theta=ma$	
	整体法：$F-(m+M)g\sin\theta-\mu(m+M)g\cos\theta=(m+M)a$ 隔离B：$F'-mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma$	
	整体法：$F-(m+M)g\sin\theta=(m+M)a$ 隔离B：$F'-mg\sin\theta=ma$	
	整体法：$F-(m+M)g\sin\theta-\mu(m+M)g\cos\theta=(m+M)a$ 隔离B：$F'-mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma$	
	整体法：$F-(m+M)g=(m+M)a$ 隔离B：$F'-mg=ma$	

二、案例二：系统受两个反向的外力

示意图	整体隔离受力分析	内力
	整体法：$F_1-F_2=(m+M)a$ 隔离B：$F'-F_2=ma$	$F'=\dfrac{mF_1+MF_2}{m+M}$
	整体法：$F_1-F_2-\mu(m+M)g=(m+M)a$ 隔离B：$F'-F_2-\mu mg=ma$	
	整体法：$F_1-F_2-(m+M)g\sin\theta=(m+M)a$ 隔离B：$F'-F_2-mg\sin\theta=ma$	
	整体法：$F_1-F_2-(m+M)g\sin\theta-\mu(m+M)g\cos\theta=(m+M)a$ 隔离B：$F'-F_2-mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma$	

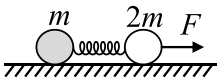
三、案例三：系统受两个同向的外力

示意图	整体隔离受力分析	
	A、B 间杆拉伸时： $\begin{cases}\text{整体法：}F_1+F_2=(m+M)a\\ \text{隔离}B\text{：}F_2+F'=ma\end{cases}$	$F'=$
	A、B 间杆压缩时： $\begin{cases}\text{整体法：}F_1+F_2=(m+M)a\\ \text{隔离}B\text{：}F_2-F'=ma\end{cases}$	$F'=\dfrac{MF_2-mF_1}{m+M}$
	A、B 间杆拉伸时： $\begin{cases}\text{整体法：}F_1+F_2-\mu(m+M)g=(m+M)a\\ \text{隔离}B\text{：}F_2+F'-\mu mg=ma\end{cases}$	$F'=\dfrac{mF_1-MF_2}{m+M}$
	A、B 间杆压缩时： $\begin{cases}\text{整体法：}F_1+F_2-\mu(m+M)g=(m+M)a\\ \text{隔离}B\text{：}F_2-F'-\mu mg=ma\end{cases}$	$F'=\dfrac{MF_2-mF_1}{m+M}$
	A、B 间杆拉伸时： $\begin{cases}\text{整体法：}F_1+F_2-(m+M)g\sin\theta=(m+M)a\\ \text{隔离}B\text{：}F_2+F'-mg\sin\theta=ma\end{cases}$	$F'=\dfrac{mF_1-MF_2}{m+M}$
	A、B 间杆压缩时： $\begin{cases}\text{整体法：}F_1+F_2-(m+M)g\sin\theta=(m+M)a\\ \text{隔离}B\text{：}F_2-F'-mg\sin\theta=ma\end{cases}$	$F'=\dfrac{MF_2-mF_1}{m+M}$
	A、B 间杆拉伸时： $\begin{cases}\text{整体法：}F_1+F_2-(m+M)g\sin\theta-\mu(m+M)g\cos\theta=(m+M)a\\ \text{隔离}B\text{：}F_2+F'-mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma\end{cases}$	$F'=\dfrac{mF_1-MF_2}{m+M}$
	A、B 间杆压缩时： $\begin{cases}\text{整体法：}F_1+F_2-(m+M)g\sin\theta-\mu(m+M)g\cos\theta=(m+M)a\\ \text{隔离}B\text{：}F_2-F'-mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma\end{cases}$	$F'=\dfrac{MF_2-mF_1}{m+M}$

总结：在加速度相同的连接体问题中，可将物体所受的“动力”按照物体质量占比进行分配，与接触面是否有光滑、倾斜、倾斜角度、连接方式无关，解题步骤首先要分析 “动力”是谁，然后分析质量的占比，最后算出力。

例题 引领

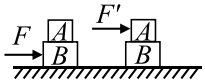
例 1 质量分别为 m 和 $2m$ 的两个小球置于光滑水平面上，且固定一轻质弹簧的两端，已知弹簧的原长为 L，劲度系数为 k，现沿弹簧轴线方向在质量为 $2m$ 的小球上有一水平拉力 F，使两球一起加速运动，求此时两球间的距离。



解析 由动力的分配原则可知弹簧的弹力为$\frac{1}{3}F$，弹簧的伸长量为$\frac{F}{3k}$，再加上弹簧的原长即为二者距离 $L+\frac{F}{3k}$。

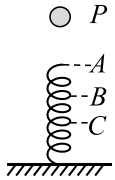
答案：$L+\frac{F}{3k}$。

例 2 光滑水平面上有一木块 A 的质量 $m_A=2\text{kg}$，A 上放一物体 B，质量 $m_B=1\text{kg}$，A 与 B 之间有摩擦，若给 B 施加一个水平推力 F，当 F 逐渐增大到 3N 时，A 与 B 将出现相对滑动，如果撤去 F，对 A 施加一个水平推力 F'，要使 B 不相对 A 滑动，F'最大为多大?



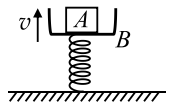
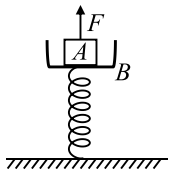
二、小球落弹簧模型(*P* 为小球静止时释放点，*A* 为球刚与弹簧接触的点，*B* 为小球受力平衡的点，*C* 为弹簧压缩量最大的点。)

让弹簧的动力学问题得到彻底解决.

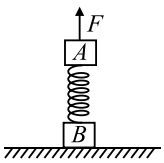
图示	过程	合力	加速度	速度	运动	能量转换
	$p\to A$	向下，$F=mg$	向下，$a=g$	增大	自由落体	重力势能转化为动能
	A	向下，$F=mg$	向下，$a=g$			
	$A\to B$	向下，$F=mg-F_{弹}$	向下，a 减小	增大	加速度减小的加速运动	重力势能转化为动能与弹性势能
	B	$F=0$	$a=0$	最大		
	$B\to C$	向上，$F=F_{弹}-mg$	向上，a 增大	减小	加速度增大的减速运动	重力势能与动能转化为弹性势能
	C	向上，F 最大	向上，$a>g$	0		

留下悬疑.

三、弹簧一端两物体分离类问题：无论是恒力还是恒加速度运动，物体分离瞬间两者间的弹力为 0，但是两者加速度相同，可以运用整体隔离法或隔离法列方程，往往用胡克定律求解初末状态弹簧形变量，进而求解出物块位移，有时还需结合运动学公式、动能定理求解时间、速度等问题。

	图示	方向规定	*A*、*B* 分离时分析（*B* 与弹簧连在一起）
A 自由		取竖直向下为正方向	$\begin{cases}\text{整体法：}F_{弹}+(m_A+m_B)g=(m_A+m_B)a\\ \text{隔离}A\text{：}m_Ag=m_Aa\end{cases}$ 解得 $F_{弹}=0$，即弹簧原长时 *A*、*B* 分离。
F 恒力		取竖直向下为正方向	$\begin{cases}\text{整体法：}-F+F_{弹}+(m_A+m_B)g=(m_A+m_B)a\\ \text{隔离}A\text{：}-F+m_Ag=m_Aa\end{cases}$ 解得 $F_{弹}=-\dfrac{m_BF}{m_A}$，“−”代表弹力向上，弹簧压缩量为 $\dfrac{m_BF}{m_Ak}$。
A 恒加速度		取竖直向上为正方向	初始状态平衡时对整体：$F_{弹1}=(m_A+m_B)g$，$F_{弹1}=k\Delta x_1$（弹簧压缩）； *A*、*B* 分离时对 *B*：$F_{弹2}-m_Bg=m_Ba$，$F_{弹2}=k\Delta x_2$（弹簧压缩）； 分离时位移、速度：$\Delta x=\Delta x_1-\Delta x_2=\dfrac{1}{2}at^2$，$v_A=v_B=at$； *F* 与物体位移关系：$F+F_{弹}-(m_A+m_B)g=(m_A+m_B)a$，其中 $F_{弹}=k(\Delta x_1-x)$。

三、弹簧两端两物体分离类问题：物体与地面分力瞬间二者间弹力为 0。

	图示	方向规定	*B* 与地面分离时分析（*A*、*B* 与弹簧连在一起）
A 恒加速度		取竖直向上为正方向	初始状态平衡时对 *A*： Δx_1（弹簧压缩）； *B* 与地面分离时对 *B*： Δx_2（弹簧伸长）； 分离时 *A* 的位移、速度：at^2，$v_A=at$； *F* 与物体 *A* 位移关系：假设弹力向上），若弹簧处于压缩状态：$F_{弹}=k(\Delta x_1-x)$，若 $F_{弹}=-k(x-\Delta x_1)$。

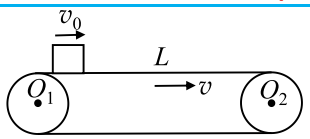
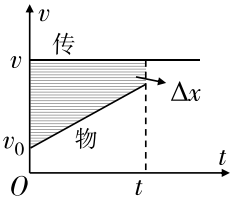
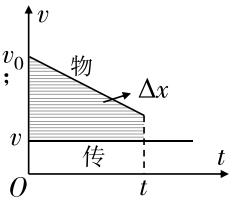
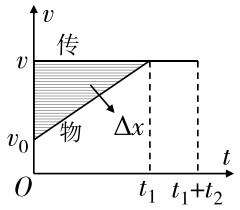
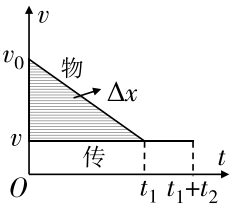
专题二十一 传送带模型

必备知识

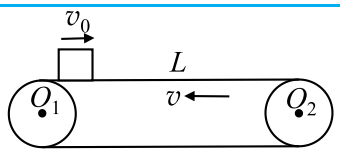
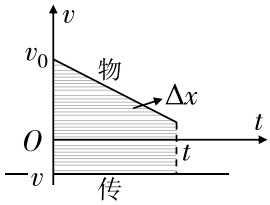
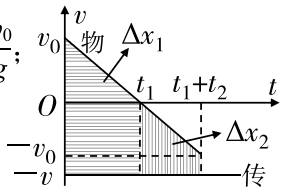
一、水平传送带，v_0、v 同向

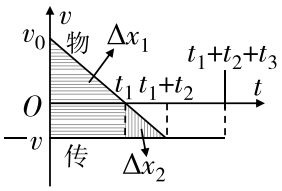
加入图象分析

更直观

图示		
条件	水平传送带，v_0、v 同向，$v_0 < v$	水平传送带，v_0、v 同向，$v_0 > v$
运动分析	方法一：假设物块从左端到右端一直匀加，求解到右端速度：$v_2^2 - v_0^2 = 2\mu gL$；若 $v_2 \le v$，一直加速，若 $v_2 > v$，先加速，后匀速。 方法二：求解物块加速到传送带速度时所需位移：$v^2 - v_0^2 = 2\mu gx$；若 $x \ge L$，一直加速，若 $x < L$，先加速，后匀速。	方法一：假设物块从左端到右端一直匀减，求解到右端速度：$v_2^2 - v_0^2 = -2\mu gL$；若 $v_2 \ge v$，一直减速，若 $v_2 < v$ 或无解，先减速，后匀速。 方法二：求解物块减速到传送带速度时所需位移：$v^2 - v_0^2 = -2\mu gx$；若 $x \ge L$，一直减速，若 $x < L$，先减速，后匀速。
讨论 (划痕分析的是按照小于传送带总长的情况，若按照给的方法分析出划痕长度大于传送带总长，实际划痕取传送带总长)	若一直加速 物块加速时间：$L = v_0 t + \frac{1}{2}\mu g t^2$； 物块物块位移：$x_{物} = L$； 传送带位移：$x_{传} = vt$； 相对位移：$\Delta x = x_{传} - x_{物}$； 划痕：$\Delta s = \Delta x$。 	若一直减速 物块减速时间：$L = v_0 t - \frac{1}{2}\mu g t^2$； 物块位移：$x_{物} = L$； 传送带位移：$x_{传} = vt$； 相对位移：$\Delta x = x_{物} - x_{传}$； 划痕：$\Delta s = \Delta x$。 
	若先加速，后匀速 物块加速时间：$t_1 = \frac{v - v_0}{\mu g}$； 物块匀速时间：$t_2 = \frac{L - x_{物1}}{v}$； 物块加速、匀速位移： $x_{物1} = \frac{v^2 - v_0^2}{2\mu g}$，$x_{物2} = L - x_{物1}$； 传送带位移：$x_{传1} = vt_1$，$x_{传2} = vt_2$； 相对位移：$\Delta x = x_{传1} - x_{物1}$； 划痕：$\Delta s = \Delta x$。 	若先减速，后匀速 物块减速时间：$t_1 = \frac{v_0 - v}{\mu g}$； 物块匀速时间：$t_2 = \frac{L - x_{物1}}{v}$； 物块减速、匀速位移： $x_{物1} = \frac{v^2 - v_0^2}{2\mu g}$，$x_{物2} = L - x_{物1}$； $x_{传1} = vt_1$，$x_{传2} = vt_2$； $\Delta x = x_{物1} - x_{传1}$； 。 

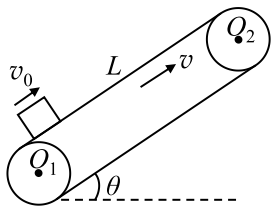
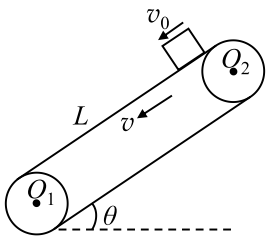
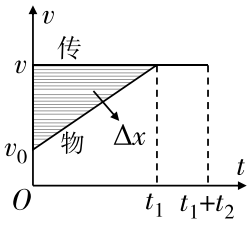
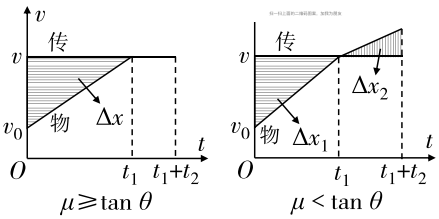
二、水平传送带，v_0、v 反向

<table>
<tr><td>图示</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>条件</td><td>水平传送带，v_0、v 反向，$v_0 < v$</td><td>水平传送带，v_0、v 反向，$v_0 > v$</td></tr>
<tr><td>运动分析</td><td colspan="2">方法一：假设物块从左端到右端一直匀减，求解到右端速度：$v_2^2 - v_0^2 = -2\mu gL$，若 v_2 有实数解，物块从左到右一直减速，并且从右边掉下，若 v_2 无实数解，物块从左到右不会到达最右端，不会在最右侧滑出传送带。
方法二：求解物块减速到 0 时所需位移：$0^2 - v_0^2 = -2\mu gx$；若 $x \geq L$，一直减速，并且从右边掉下，若 $x < L$，不会在最右侧滑出传送带。</td></tr>
<tr><td>讨论
(划痕分析的是按照小于传送带总长的情况，若按照给的方法分析出划痕长度大于传送带总长，实际划痕取传送带总长)</td><td colspan="2">若物块从左向右一直减速
物块减速时间：$L = v_0 t - \frac{1}{2}\mu g t^2$；
物块减速位移：$x_{物} = L$；
传送带位移：$x_{传} = vt$ ；
相对位移：$\Delta x = x_{传} + x_{物}$；
划痕：$\Delta s = \Delta x$。

</td></tr>
<tr><td></td><td>若物块不会在最右侧滑出传送带，先减速，后反向加速
物块减速时间：$t_1 = \frac{0 - v_0}{-\mu g}$；
物块加速时间：$t_2 = t_1$；
物块减速、加速位移：
$x_{物1} = \frac{0^2 - v_0^2}{-2\mu g}$，$x_{物2} = x_{物1}$；


传送带位移：$x_{传1} =$ 
相对位移：$\Delta x_1 = x_{传1}$ $_{物2}$；
划痕：$\Delta s = \Delta x_1 + \Delta x_2$
</td><td>若物块不会在最右侧滑出传送带，先减速，后反向加速，再匀速
物块减速时间：$t_1 = \frac{0 - v_0}{-\mu g}$；
物块加速时间：$t_2 = \frac{v - 0}{\mu g}$；


物块匀速时间：$t_3 = \frac{x_{物1} - x_{物2}}{v}$；
物块减速、加速、匀速位移：
$x_{物1} = \frac{0^2 - v_0^2}{-2\mu g}$，$x_{物2} = \frac{v^2 - 0^2}{2\mu g}$，$x_{物3} = x_{物1} - x_{物2}$；
传送带位移：$x_{传1} = vt_1$，$x_{传2} = vt_2$，$x_{传3} = vt_3$；
相对位移：$\Delta x_1 = x_{传1} + x_{物1}$，$\Delta x_2 = x_{传2} - x_{物2}$；
划痕：$\Delta s = \Delta x_1 + \Delta x_2$。</td></tr>
</table>

三、倾斜传送带

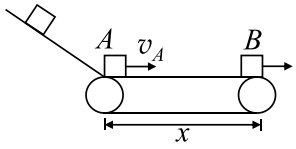
<table>
<tr><td>图示</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>条件</td><td>足够长倾斜传送带，v_0、v 向上，$v_0 < v$，$\mu > \tan\theta$</td><td>足够长倾斜传送带，v_0 向下、v 向</td></tr>
<tr><td>运动分析与讨论
(划痕分析的是按照小于传送带总长的情况，若按照给的方法分析出划痕长度大于传送带总长，实际划痕取传送带总长)</td><td>物块先加速后匀速
物块加速度：$a=\mu g\cos\theta-g\sin\theta$；
物块加速时间：$t_1=\dfrac{v-v_0}{a}$；
物块匀速时间：$t_2=\dfrac{L-x_{物1}}{v}$；
物块加速位移：$x_{物1}=\dfrac{v^2-v_0^2}{2a}$；
物块匀速位移：$x_{物2}=L-x_{物1}$；
传送带位移：$x_{传1}=vt_1$，$x_{传2}=vt_2$；
相对位移：$\Delta x=x_{传1}-x_{物1}$；
划痕：$\Delta s=\Delta x$。
</td><td>物块先加速到与传送带共同速度
物块加速度：$a_1=\mu g\cos\theta+g\sin\theta$；
物块加速时间：$t_1=\dfrac{v-v_0}{a_1}$；
物块加速位移：$x_{物1}=\dfrac{v^2-v_0^2}{2a_1}$；
传送带位移：$x_{传1}=vt_1$；
相对位移：$\Delta x_1=x_{传1}-x_{物1}$。

若 $\mu \geqslant \tan\theta$，物块再匀速下滑
物块匀速位移：$x_{物2}=L-x_{物1}$；
物块匀速时间：$t_2=\dfrac{L-x_{物1}}{v}$；
传送带位移：$x_{传2}=vt_2$；
相对位移：$\Delta x_2=0$；
划痕：$\Delta s=\Delta x_1$。</td><td>若 $\mu < \tan\theta$，物块再加速下滑
物块加速度：$a_2=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$；
物块再加速位移：$x_{物2}=L-x_{物1}$；
物块加速时间：$x_{物2}=vt_2+\dfrac{1}{2}a_2t_2^2$；
传送带位移：$x_{传2}=vt_2$；
相对位移：$\Delta x_2=x_{物2}-x_{传2}$；
划痕：$\Delta s=max\{\Delta x_1,\Delta x_2\}$。</td></tr>
</table>



借助数字表达更简洁.大物理

例题 引领

例 1 （多选）随着我国高端装备制造业发展，智能物流逐步推广，下图所示是智能物流传送过程。水平传送带 A、B 两端相距 $x=3.5\text{m}$，工件与传送带间的动摩擦因数 $\mu=0.1$，工件从斜面滑上 A 端时的速度 $v_A=4\text{m/s}$，设到达 B 端时的瞬时速度为 v_B，重力加速度 g 取 10m/s^2，下列说法中正确的是（　　）



A．若传送带顺时针匀速转动，则 v_B 一定等于 3m/s

B．若传送带逆时针匀速转动，则 v_B 一定等于 3m/s

C．若传送带顺时针匀速转动，且转动速度等于 4m/s，则 v_B 等于 4m/s

D．若传送带逆时针匀速转动，且转动速度等于 4m/s，则 v_B 可能等于 4m/s

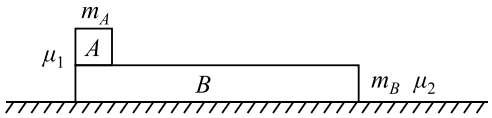
解析 工件在传送带上运动时的加速度大小为 $a=\dfrac{\mu mg}{m}=\mu g=1\text{m/s}^2$；AC、若传送带顺时针匀速转动，且转动速度等于 4m/s，则工件滑上传送带后与传送带相对静止，则到达 B 端时的速度为 4m/s；若传送带的速度大于 4m/s，则工件滑上传送带后可能一直加速运动，或者先加速运动再匀速，故到达 B 端时的速度 v_B 大于 4m/s，A 错，C 对；BD、若传送带逆时针匀速转动，则工件滑上传送带后做减速运动，根据速度位移公式有 $v_B^2-v_A^2=-2ax$，解得 $v_B=3\text{m/s}$，故只要传送带逆时针匀速转动，不论速度多大，v_B 都等于 3m/s，B 对，D 错。

答案： BC

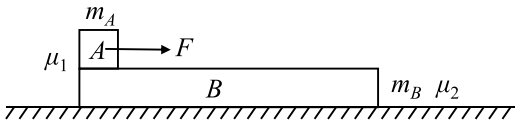
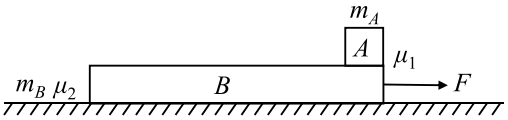
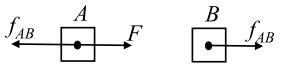
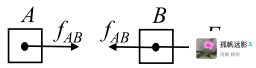
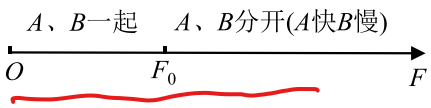
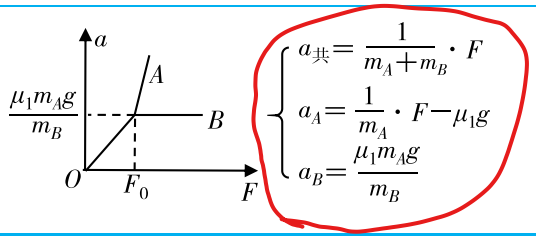
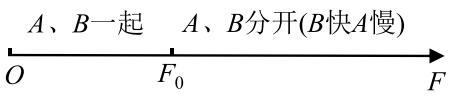
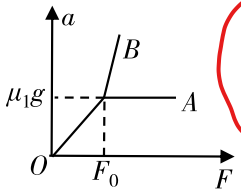
专题二十二 板块模型

必备知识

由一个小滑块（可视为质点）和一长木板（或平板小车）组成的模型叫做板块模型，在高考中出现频率特别高，是一个重点模型。已知：F、m_A、m_B、μ_1、μ_2，其中 F 从 0 增大，判断 A、B 如何运动。

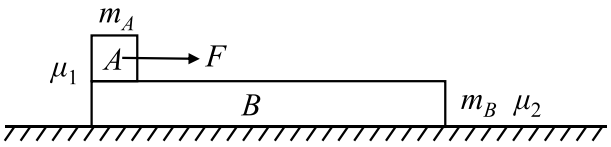
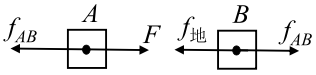
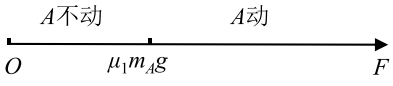
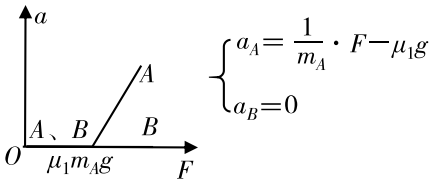
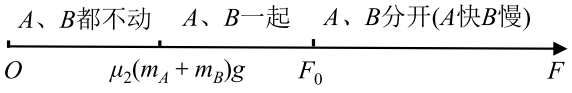
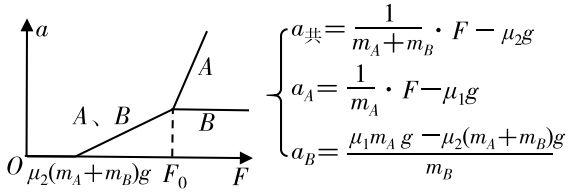


一、地面光滑，A、B 间粗糙($\mu_2=0$，$\mu_1\neq0$)

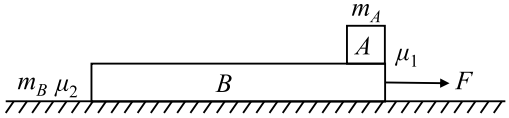
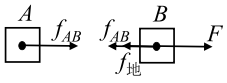
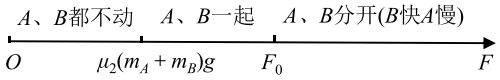
情况	F 作用于 A	F 作用于 B
示意图		
受力分析图		
分析	（1）当 $F<F_0$ 时 A、B 一起运动 对整体：$F=(m_A+m_B)a$ （2）当 $F>F_0$ 时 A、B 分开(A 快 B 慢) $\begin{cases}\text{对}A\text{：}F-\mu_1m_Ag=m_Aa_A\\ \text{对}B\text{：}\mu_1m_Ag=m_Ba_B\end{cases}$ 说明：$f_{AB}=\dfrac{m_BF}{m_A+m_B}=\mu_1m_Ag$ 此时解出来 F 就是 F_0；也可用（2）中 $a_A=a_B$ 时解出 F 就是 F_0。	（1）当 $F<F_0$ 时 A、B 一起运 对整体：$F=(m_A+m_B$ （2）当 $F>F_0$ 时 A、B 分开(L $\begin{cases}\text{对}A\text{：}\mu_1m_Ag=m_A\\ \text{对}B\text{：}F-\mu_1m_Ag=\end{cases}$ 说明：$f_{AB}=\dfrac{m_AF}{m_A+m_B}=\mu_1m_Ag$ 此时解出来 F 就是 F_0；也可用（2）中 $a_A=a_B$ 时解出 F 就是 F_0。
图像理解	A、B一起　A、B分开(A快B慢)   $\begin{cases}a_{共}=\dfrac{1}{m_A+m_B}\cdot F\\ a_A=\dfrac{1}{m_A}\cdot F-\mu_1g\\ a_B=\dfrac{\mu_1m_Ag}{m_B}\end{cases}$	A、B一起　A、B分开(B快A慢)   $\begin{cases}a_{共}=\dfrac{1}{m_A+m_B}\cdot F\\ a_A=\mu_1g\\ a_B=\dfrac{1}{m_B}\cdot F-\dfrac{\mu_1m_Ag}{m_B}\end{cases}$

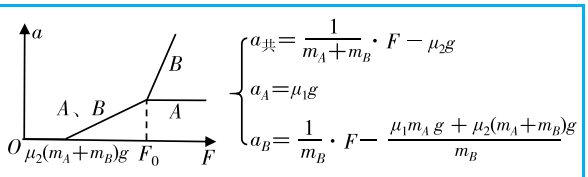
受力分析　图像分析　表达式分析　应有尽有

二、地面不光滑，A、B 间粗糙($\mu_2\neq0$，$\mu_1\neq0$)，F 作用于 A

情况	F 作用于 A 且 $\mu_1m_Ag<\mu_2(m_A+m_B)g$	F 作用于 A 且 $\mu_1m_Ag>\mu_2(m_A+m_B)g$
示意图		
受力分析图		
分析	（1）因为 $\mu_1m_Ag<\mu_2(m_A+m_B)g$，所以 B 始终不动。 （2）当 $F<\mu_1m_Ag$ 时，A 不动。 （3）当 $F>\mu_1m_Ag$ 时，A 运动。 对 A：$F-\mu_1m_Ag=m_Aa_A$。	（1）当 $F<\mu_2(m_A+m_B)g$ 时， （2）当 $\mu_2(m_A+m_B)g<F<F_0$ 对整体：$F-\mu_2(m_A+m_B)g=(n$ （3）当 $F>F_0$ 时，A、B 分开 $\begin{cases}\text{对}A\text{：}F-\mu_1m_Ag=\\ \text{对}B\text{：}\mu_1m_Ag-\mu_2(m_A+m_B)g=m_Ba_B\end{cases}$ 说明：$f_{AB}=\dfrac{m_BF+m_A\mu_2(m_A+m_B)g}{m_A+m_B}=\mu_1m_Ag$ 此时解出来 F 就是 F_0；也可用（3）中 $a_A=a_B$ 时解出 F 就是 F_0。
图像理解	 	 

三、地面不光滑，A、B 间粗糙($\mu_2\neq0$，$\mu_1\neq0$)，F 作用于 B

情况	F 作用于 B
示意图	
受力分析图	
分析	（1）当 $F<\mu_2(m_A+m_B)g$ 时，A、B 都静止。 （2）当 $\mu_2(m_A+m_B)g<F<F_0$ 时，A、B 一起运动。 对整体：$F-\mu_2(m_A+m_B)g=(m_A+m_B)a$。 （3）当 $F_0<F$ 时 A、B 分开(B 快 A 慢)。 $\begin{cases}\text{对}A\text{：}\mu_1m_Ag=m_Aa_A\\ \text{对}B\text{：}F-\mu_2(m_A+m_B)g-\mu_1m_Ag=m_Ba_B\end{cases}$ 说明：用（3）中 $a_A=a_B$ 时解出 F 就是 F_0。
图像理解	

图像理解	
	

匀速运动的速度 $v=\omega_2 r_3=\dfrac{2\pi n r_1 r_3}{r_2}$，D 对。

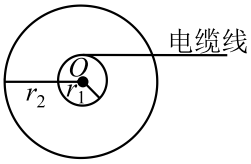
答案：D

例 3 在生产电缆的工厂里，生产好的电缆线要缠绕在滚轮上，如图所示，已知其内芯半径 $r_1=20cm$，缠满时半径 $r_2=80cm$，且滚轮转速不变，恒为 $n=30r/min$，试分析：

（1）滚轮的转动方向如何？

（2）电缆线缠绕的最大、最小速度是多大？

（3）从开始缠绕到缠满所用时间为 t，则从开始缠绕到缠绕长度为缠满时电缆线长度的一半时，所用时间为$\dfrac{t}{2}$吗？为什么？



解析 （1）从图知滚轮的转动方向为逆时针；（2）开始缠绕时速度最小为 $v_{小}=\omega r_1=2\pi n r_1=0.2\pi m/s$，缠满时速度最大为 $v_{大}=\omega r_2=2\pi n r_2=0.8\pi m/s$；（3）由于电缆线的缠绕的线速度逐渐增大，故从开始缠绕到缠绕长度为电缆线长度一半时所用时间要大于$\dfrac{t}{2}$。

答案：（1）逆时针（2）$0.8\pi m/s$，$0.2\pi m/s$（3）由于电缆线的缠绕速度逐渐增大，故从开始缠绕到缠绕长度为电缆线长度一半时所用时间要大于$\dfrac{t}{2}$。

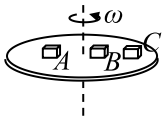
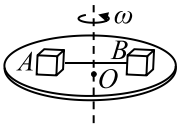
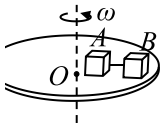
专题三十 圆周运动临界问题

必备知识

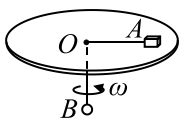
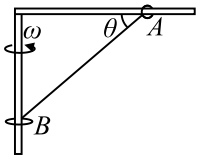
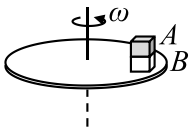
一、圆周运动的临界问题

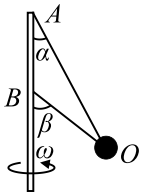
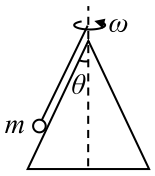
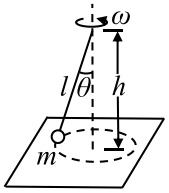
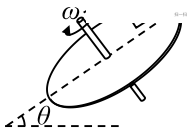
问题类型	临界分析
有摩擦力存在的圆周运动临界问题	静摩擦力达到最大值，需考虑摩擦力方向。
绳子松弛的临界问题	绳子上张力为零，即 $T=0$。
绳子断与不断的临界问题	绳子上张力达到能承受的最大值。
物体与接触面接触与脱离临界问题	接触面与物体间弹力恰为零，即 $F_N=0$。

二、几种常见的水平面、斜面圆周运动临界问题示意图

图示		 $m_B R_B > m_A R_A$	
临界分析（圆盘对物体的摩擦因数均为 μ）	$f_{max}=\mu mg=m\omega^2 R$ $\Rightarrow \omega=\sqrt{\dfrac{\mu g}{R}}$ 半径越大，临界角速度越小	隔离法：$\begin{cases}\text{对}A：T-\mu m_A g=m_A\omega^2 R_A\\ \text{对}B：\mu m_B g+T=m_B\omega^2 R_B\end{cases}$	隔离法：$\begin{cases}\text{对}A：\mu m_A g-T=m_A\omega^2 R_A\\ \text{对}B：\mu m_B g+T=m_B\omega^2 R_B\end{cases}$
		整体法：$\mu m_A g+\mu m_B g=m_B\omega^2 R_B-m_A\omega^2 R_A$	整体法：$\mu m_A g+\mu m_B g=m_A\omega^2 R_A+m_B\omega^2 R_B$
		质心法：$R=\dfrac{m_B R_B-m_A R_A}{m_A+m_B}$，$\mu(m_A+m_B)g=(m_A+m_B)\omega^2 R$	质心法：$R=\dfrac{m_A R_A+m_B R_B}{m_A+m_B}$，$\mu(m_A+m_B)g=(m_A+m_B)\omega^2 R$

相信自己，用不同方法，基础在前，提高在后。

图示	 $m_Bg>\mu m_Ag$	 光滑	
临界分析	A 向外滑动： $\mu m_Ag+m_Bg=m_A\omega_1^2R$ A 向内滑动： $m_Bg-\mu m_Ag=m_A\omega_2^2R$	对 A：$T\cos\theta=m_A\omega^2R$ 对 B：$T\sin\theta=m_Bg$	若 $\mu_A>\mu_B$，AB 一起滑动，对整体： $\mu_B(m_A+m_B)g=(m_A+m_B$ 若 $\mu_B>\mu_A$，A 先滑动，对 A： $\mu_Am_Ag=m_A\omega_2^2R$

图示				
临界分析	OB 恰好无拉力时： $mg\tan\alpha=m\omega_1^2R$ AO 恰好无拉力时： $mg\tan\beta=m\omega_2^2R$	球与接触面间弹力为 0 时，球恰好飞起来： $mg\tan\theta=m\omega^2R$（圆锥摆模型）		最低点，容易滑动： $\mu mg\cos\theta-mg\sin\theta=m\omega^2R$

例题引领

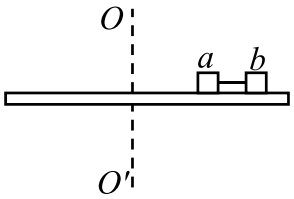
例 1 （多选）两个质量分别为 $2m$ 和 m 的小木块 a 和 b（可视为质点）放在水平圆盘上，a 与转轴 OO'的距离为 L，b 与转轴的距离为 $2L$，a、b 之间用长为 L 的强度足够大的轻绳相连，木块与圆盘的最大静摩擦力为木块所受重力的 k 倍，重力加速度大小为 g，若圆盘从静止开始绕转轴缓慢地加速转动，开始时轻绳刚好伸直但无张力，用 ω 表示圆盘转动的角速度，下列说法正确的是

A．b 比 a 先达到最大静摩擦力

B．a、b 所受的摩擦力始终相等

C．$\omega=\sqrt{\frac{kg}{2L}}$是 b 开始滑动的临界角速度

D．当 $\omega=\sqrt{\frac{2kg}{3L}}$时，$a$ 所受摩擦力的大小为$\frac{5kmg}{3}$



解析 木块随圆盘一起转动，恰好达到最大静摩擦力时，由牛顿第二定律得 $kmg=m\omega^2R$，$\omega=\sqrt{\frac{kg}{R}}$，故半径越大临界角速度越小，故 b 的静摩擦力先达到最大值，A 对；在 b 的摩擦力没有达到最大前，静摩擦力提供向心力，绳子无力，木块所受的静摩擦力 $f=m\omega^2R$，a、b 的质量分别为 $2m$ 和 m，而 a、b 的半径分别为 L 和 $2L$，因此刚开始时 a 和 b 受到的摩擦力大小是相等的，当 b 受到的静摩擦力达到最大后，对 b 受力分析、用牛顿第二定律有 $kmg+T=m\omega^2\cdot2L$，对 a 受力分析、用牛顿第二定律有 $f'-T=2m\omega^2L$，解得 $f'=4m\omega^2L-kmg$，故 a、b 受到的摩擦力不一定相等，B 错；当 b 刚要滑动时，a 也要滑动，对 ab 整体受力分析、用牛顿第二定律有 $2kmg+kmg=2m\omega^2L+m\omega^2\cdot2L$，解得 $\omega=\sqrt{\frac{3kg}{4L}}$，C 错；D、当 $\omega=\sqrt{\frac{2kg}{3L}}$时，对 a 受力分析、用牛顿第二定律有 $f''-T'=2m\cdot\omega^2L$，对 b 受力分析、用牛顿第二定律有 $T'+kmg=m\omega^2\cdot2L$，联立解得 $f''=\frac{5kmg}{3}$，D 对。

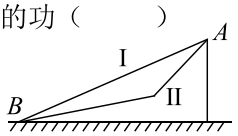
为 $5\sqrt{3}N$，AB 对；C、若 $F=15N$，设力 F 与杆间的夹角为 θ，对小球进行受力分析有 $F\cos\theta=mg\sin30°+\mu N$，$N=mg\cos30°-F\sin\theta$，化简后有 $\sin(\theta+60°)=\frac{\sqrt{3}}{3}$，而 $0<\theta<60°$，故方程 $\sin(\theta+60°)=\frac{\sqrt{3}}{3}$ 无解，故拉力 F 的大小不可能为 15N，C 错；D、当拉力 F 做功最小时，摩擦力为零，对小球进行受力分析有 $mg\cos30°=F\sin\alpha$，$F\cos\alpha=mg\sin30°$，解得 $F=mg=10N$，$\alpha=60°$，故拉力的最小功为 $W=Fl\cos60°=5J$，D 对。

答案：C

例 6 如图，物体由静止开始分别沿不同斜面由顶端 A 滑至底端 B，两次下滑的路径分别为图中的I和II，两次物体与斜面间的动摩擦因数相同，且不计路径II中转折处的能量损失，则两次摩擦力对物体所做的功（　　）

A.第一次小　　B.第二次小

C.两次一样大　　D.无法确定



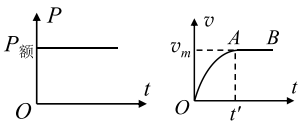
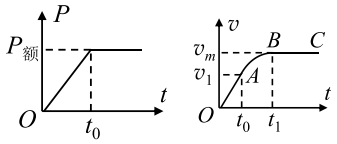
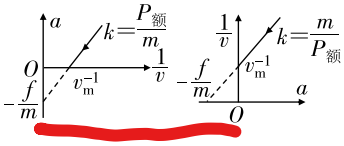
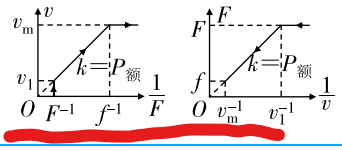
解析　设斜面的倾角为 θ，物体沿斜面下滑时，克服摩擦力做的功 $W_f=\mu mg\cos\theta\cdot s=\mu mg s\cos\theta=\mu mgL$，$L$ 为斜面的水平长度，I和II的水平长度 L 相同，因此它们克服摩擦力所做的功相同，C 对，ABD 错。

答案：C

专题四十五　机车启动

必备知识　特殊图像 清楚展现

一、机车两种方式启动

两种方式		以恒定功率启动	以恒定加速度（力）启动
$P-t$ 图像与 $v-t$ 图像			
特殊图像（看图时注意顺向、逆向问题）			
OA 段	过程分析	$v\uparrow\Rightarrow F=\frac{P_{额}}{v}\downarrow\Rightarrow a=\frac{F-f}{m}\downarrow$	$a=\frac{F-f}{m}$不变 $\Rightarrow F$ 不变 $\overset{v\uparrow}{\Rightarrow}$ $P=Fv\uparrow$直到 $P=P_{额}=Fv_1$
	运动性质	加速度减小的加速直线运动	匀加速直线运动，持续时间 $t_0=\frac{v_1}{a}$
AB 段	过程分析	$F=f\Rightarrow a=0\Rightarrow v_m=\frac{P_{额}}{f}$	$v\uparrow\Rightarrow F=\frac{P_{额}}{v}\downarrow\Rightarrow a=\frac{F-f}{m}\downarrow$
	运动性质	以 v_m 做匀速直线运动	加速度减小的加速直线运动
BC 段			$F=f\Rightarrow a=0\Rightarrow$ 以 $v_m=\frac{P_{额}}{f}$做匀速直线运动

二、理解

（1）不论哪种启动过程，机车的最大速度都等于匀速运动时的速度，即 $v_m=\frac{P}{F_{min}}=\frac{P_{额}}{f}$。

（2）机车以恒定加速度启动中，匀加速过程结束时，功率最大，速度不是最大，$v_1=\frac{P_{额}}{F}=\frac{P_{额}}{f+ma}<v_m=\frac{P_{额}}{f}$。

（3）机车以恒定功率运行时，牵引力做的功 $W=Pt$，由动能定理有 $Pt-fx=\Delta E_k$，此式可用于求解机车以恒定功率启动过程的位移大小。

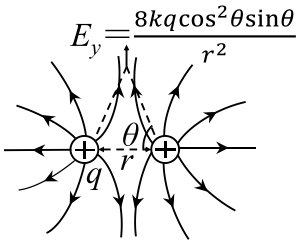
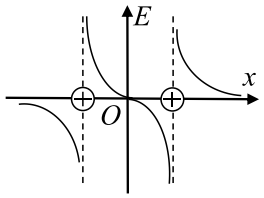
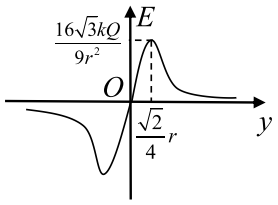
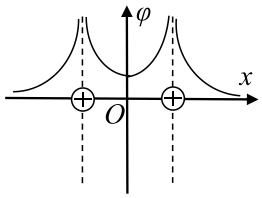
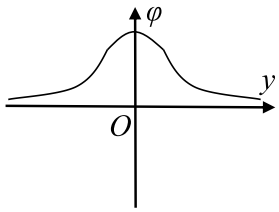
专题五十四 双电荷电场、电势问题

必备知识

一、等量同种电荷周围电场、电势

（1）连线上：电场强度由左边、右边电荷指向中间 O 点，一直减小，中间场强为零；电势由左边、右边电荷到 O 均是一直减小（O 点电势大于零）；变化率减小。

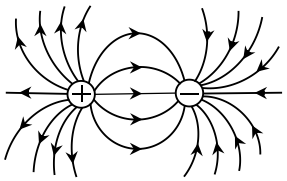
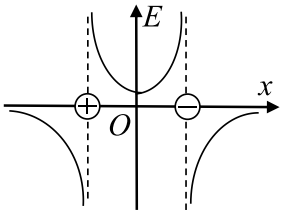
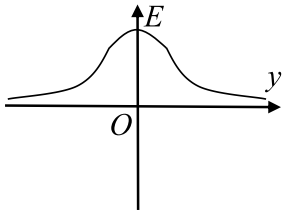
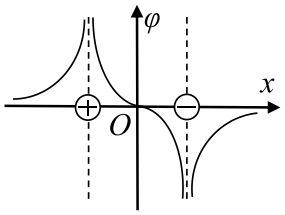
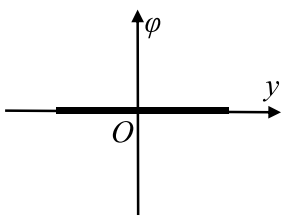
（2）中垂线上：电场强度由 O 指向无穷远，先增大后减小，最大值位置为$\frac{\sqrt{2}}{4}$倍双电荷的距离；电势由 O 到无穷远，一直减小；变化率先增大后减小。

电荷种类与图示		双电荷连线方向上为 x 轴	双电荷中垂线方向上为 y 轴	方向规定
等量同种电荷				双电荷连线方向上，向右为正方向；双电荷中垂线方向上，向上为正方向。
				

二、等量异种电荷周围电场、电势

（1）连线上：电场强度方向由正电荷指向负电荷，先减小后增大；电势一直减小，变化率先减小后增大。

（2）中垂线上：电场强度方向垂直于中垂线指向负电荷，一直减小；电势保持不变（零等势面）。

电荷种类		双电荷连线方向上为 x 轴	双电荷中垂线方向上为 y 轴	方向规定
等量异种电荷				双电荷连线方向上，向右为正方向；双电荷中垂线方向上，向上为正方向。
				

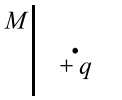
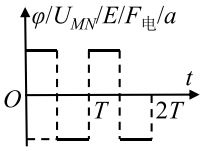
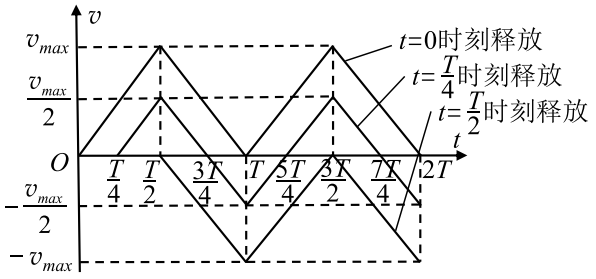
专题六十二 带电粒子在变化电场中的运动

必备知识

一、常见的产生变化电场的电压波形有方形波、锯齿波、正弦波等。

（1）核心思路：$\left.\begin{matrix}\varphi-t\text{图像}\\U-t\text{图像}\\E-t\text{图像}\end{matrix}\right\}\xrightarrow{\text{转换}}a-t\text{图像}\xrightarrow{\text{转化}}v-t\text{图像}$。

（2）粒子在变化电场中运动案例分析（设粒子受力方向水平向右为正方向，电场大小不变，一个周期内粒子不会打到极板上）。

场景图	$\varphi/U_{MN}/E/F_{电}/a-t$ 图像	粒子不同时刻释放时 $v-t$ 图像
		

（3）不同时刻(讨论 $0\sim T$ 时间内)进入变化电场的粒子运动一个周期情况

粒子释放时刻	$t=0(t=\frac{T}{2})$	$t=\frac{T}{4}(t=\frac{3T}{4})$	$0\sim\frac{T}{4}(\frac{3T}{4}\sim T)$	$\frac{T}{4}\sim\frac{T}{2}(\frac{T}{2}\sim\frac{3T}{4})$
一个周期内运动情况	先向右(左)加速，再向右(左)减速到静止，位移向右(左)。	先向右(左)加速，再向右(左)减速，再向左(右)加速，最后向左(右)减速到静止，位移为零。	先向右(左)加速，再向右(左)减速，再向左(右)加速，最后向左(右)减速到静止，位移向右。	先向右(左)加速，再向右(左)减速，再向左(右)加速，最后向左(右)减速到静止，位移向左。

二、注意

（1）$v-t$ 图像的切线斜率代表加速度；$v-t$ 图像与 t 轴围成的面积代表位移，在时间轴上方所围成的面积表示位移为正，在时间轴下方所围成的面积表示位移为负。

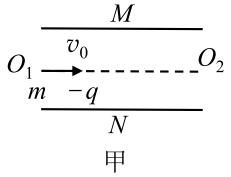
（2）注意带电粒子进入电场的时刻进而分析出粒子的运动状态，可结合 $v-t$ 图像、牛顿定律、运动学公式、动能定理等知识求解，复杂的过程可逐段分析求解。

例题引领

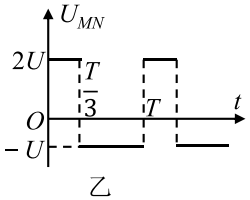
例 1 如图甲所示，一对平行金属板 M、N 长为 L，相距为 d，O_1O_2 为中轴线，两板间为匀强电场，忽略两极板外的电场，当两板间加电压 $U_{MN}=U_0$ 时，某种带负电的粒子从 O_1 点以速度 v_0 沿 O_1O_2 方向射入电场，粒子恰好打在上极板 M 的中点，粒子重力忽略不计。

（1）求带电粒子的比荷 $\frac{q}{m}$；

（2）若 MN 间加如图乙所示的交变电压，其周期 $T=\frac{L}{v_0}$，从 $t=0$ 开始，前 $\frac{T}{3}$ 时间内 $U_{MN}=2U$，后 $\frac{2T}{3}$ 时间内 $U_{MN}=-U$，大量的上述粒子仍然以速度 v_0 沿 O_1O_2 方向持续射入电场，最终所有粒子刚好能全部离开电场而不打在极板上，求 U 的值。



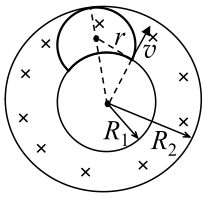
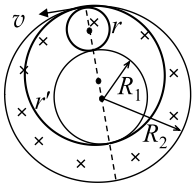
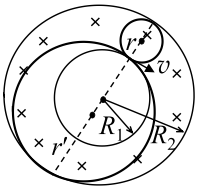
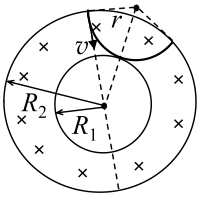
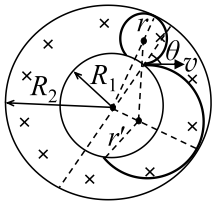
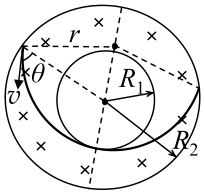
甲



乙

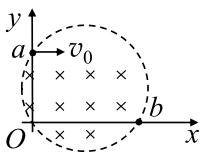
三、环形磁场临界问题

很全面，作图准确

图示	几何关系	图示	几何关系
	$r^2+R_1^2=(R_2-r)^2$		小圆：$r=\dfrac{R_2-R_1}{2}$ 大圆：$r'=\dfrac{R_2+R_1}{2}$
	小圆：$r=\dfrac{R_2-R_1}{2}$ 大圆：$r'=\dfrac{R_2+R_1}{2}$		$r^2+R_2^2=(R_1+r)^2$
	小圆：$\cos(\dfrac{\pi}{2}+\theta)=\dfrac{r^2+R_1^2-(R_2-r)^2}{2rR_1}$ 大圆：$\cos(\dfrac{\pi}{2}-\theta)=\dfrac{r'^2+R_1^2-(R_2-r')^2}{2r'R_1}$		$\cos(\dfrac{\pi}{2}-\theta)=\dfrac{r^2+R_2^2-(r-R_1)^2}{2rR_2}$

例题 引领

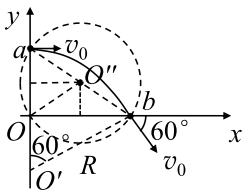
例 1 （多选）如图，在平面直角坐标系中有一个垂直于纸面向里的圆形匀强磁场，其边界过原点 O 和 y 轴上的点 a（0，L），一质量为 m、电荷量为 e 的电子从 a 点以初速率 v_0 平行于 x 轴正方向射入磁场，并从 x 轴上的 b 点射出磁场，此时速度方向与 x 轴正方向的夹角为 60°，下列说法中正确的是（　　）



A．电子在磁场中运动的时间为$\dfrac{2\pi L}{3v_0}$　　B．电子在磁场中运动的时间为$\dfrac{\pi L}{3v_0}$

C．磁场区域的圆心坐标为（$\dfrac{\sqrt{3}L}{2}$，$\dfrac{L}{2}$）　　D．圆周运动的圆心坐标为（0，$-2L$）

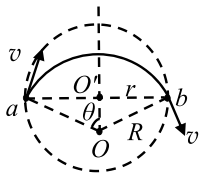
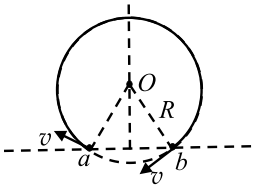
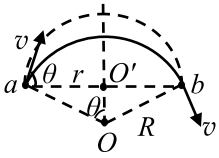
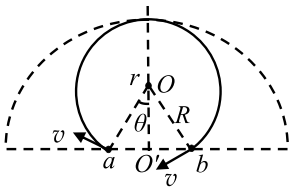
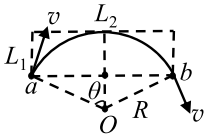
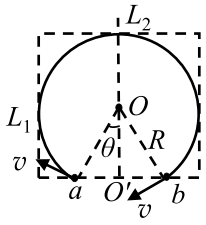
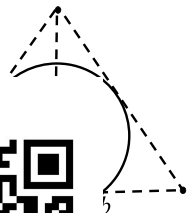
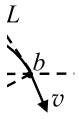
解析 AB、电子的轨迹半径为 R，由几何关系知 $R\sin30°=R-L$，解得 $R=2L$，电子在磁场中运动时间为 $t=\dfrac{T}{6}=\dfrac{2\pi L}{3v_0}$，A 对，B 错；C、设磁场区域的圆心坐标为（$x$，$y$），由几何关系知圆心是 ab 的中点，故有 $x=\dfrac{1}{2}R\cos30°=\dfrac{\sqrt{3}L}{2}$，$y=\dfrac{L}{2}$，所以磁场圆心坐标为（$\dfrac{\sqrt{3}L}{2}$，$\dfrac{L}{2}$），C 对；D、由几何关系知 $OO'=R\cos60°=L$，故圆周运动的圆心坐标为（0，$-L$），D 错。



答案： AC

专题八十一 最小磁场面积问题

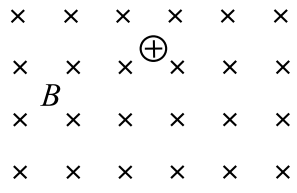
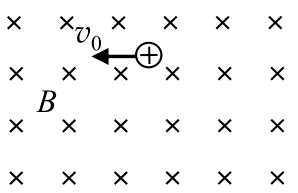
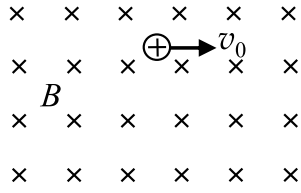
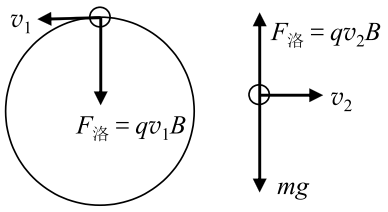
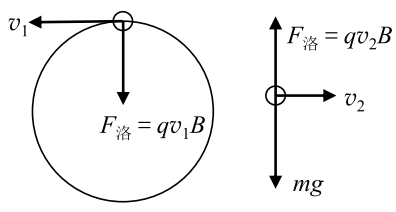
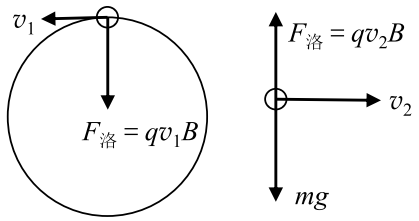
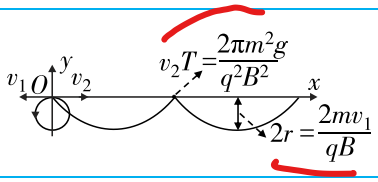
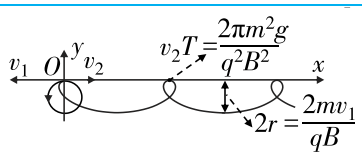
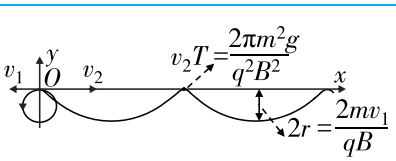
必备知识 数形结合

	轨迹	图示	作图方法	几何关系
最小圆形磁场	劣弧		连接入射点 a 与出射点 b 所得的线段作为磁场区域的直径，作出对应的圆即为所求。	$r=R\sin\theta$
	优弧		最小磁场区域的边界与粒子运动轨迹重合。	$r=R$
最小半圆形磁场	劣弧		连接入射点 a 与出射点 b 所得线段，以 ab 为直径作出的半圆弧，半圆弧与线段 ab 组成的半圆形即为所求。	$r=R\sin\theta$
	优弧		连接入射点 a 与出射点 b 所得直线，以线段 ab 中点为圆心，以优弧拱高为半径，作出的半圆弧与直线 ab 组成的半圆形即为所求。	$r=R(1+\cos\theta)$
最小矩形磁场	劣弧		连接入射点 a 与出射点 b 所得线段为矩形长 L_2，劣弧高 L_1 为矩形高。	$L_1=R(1-\cos\theta)$； $L_2=2R\sin\theta$。
	优弧		圆弧直径为矩形长 L_2，优弧高 L_1 为矩形高。	$L_1=R(1+\cos\theta)$； $L_2=2R$。
最小正三角形磁场	圆心角		连接入射点 a 与出射点 b 所得直线，作线段 ab 的中垂线，从中垂线上某点作粒子运动轨迹圆的两条切线，且使两切线间的夹角为 60°，三条直线所组成的三角形即为所求。	$L\cos30°=\dfrac{R}{\sin30°}+R\cos\theta$。
			连接入射点 a 与出射点 b 所得线段，作 ab 的中垂线，从中垂线上某点连接入射点 a 与出射点 b，使其与线段 ab 组成的正三角形即为所求。	$L=2R\sin\theta$。

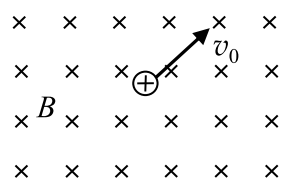
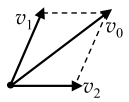
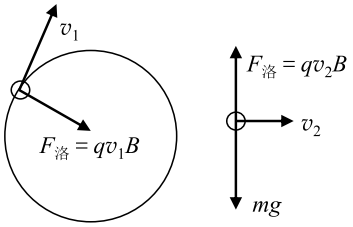
专题八十四 电磁场综合运用

必备知识

一、匀强磁场中配速法案例分析

条件	初速度为 0，有重力	初速度 v_0 水平向左，有重力	初速度 v_0 水平向右，有重力
示意图			
配速方法	初速度为 0，分解为向左速度 v_1 和一个向右速度 v_2，两者速度相等，且要满足 $qv_2B=mg$，粒子的运动可以看做以 v_1 的匀速圆周运动与以 v_2 的匀速直线运动的和运动。	初速度为 v_0，分解为向左速度 v_1 和一个向右速度 v_2，$v_1-v_2=v_0$，且要满足 $qv_2B=mg$，粒子的运动可以看做以 v_1 的匀速圆周运动与以 v_2 的匀速直线运动的和运动。	当 $qv_0B<mg$ 时，初速度 v_0，分解为向左速度 v_1 和一个向右速度 v_2，$v_2-v_1=v_0$，且要满足 $qv_2B=mg$，粒子的运动可以看做以 v_1 的匀速圆周运动与以 v_2 的匀速直线运动的和运动。（当 $qv_0B>mg$ 时，分析类似，轨迹不同）
分运动示意图			
轨迹图			
极值速度	最高点时：$v_{min}=0$ 最低点时：$v_{max}=v_1+v_2=\frac{2mg}{qB}$	最高点时：$v_{min}=v_1-v_2=v_0$ 最低点时：$v_{max}=v_1+v_2=\frac{2mg}{qB}+v_0$	最高点时：$v_{min}=v_2-v_1=v_0$ 最低点时：$v_{max}=v_1+v_2=\frac{2mg}{qB}-v_0$

二、初速度 v_0 向任意方向，受重力的电荷在匀强磁场中的运动配速法

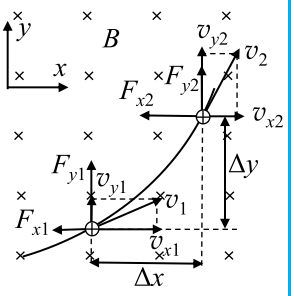
示意图	配速方法	分运动示意图	极
			v_{min} v_{max}



如何配速. 怎么配速. 只学重力场十磁场是够.

三、正则动量定理在匀强磁场中的应用

更妙、更巧、更简洁

分析步骤		图示
y 轴方向上分析	x 轴方向上分析	
①写出 y 轴方向上洛伦兹力的分力表达式：$qBv_x=F_{y洛}$ ②结合微元分析列出动量定理表达式：$qBv_x\cdot\Delta t=F_{y洛}\cdot\Delta t=m\Delta v_y$ ③两边同时进行累积：$qB\cdot\Delta x=mv_{y2}-mv_{y1}$	①写出 x 轴方向上洛伦兹力的分力表达式：$qBv_y=F_{x洛}$ ②结合微元分析列出动量定理表达式：$-qBv_y\cdot\Delta t=-F_{x洛}\cdot\Delta t=m\Delta v_x$ ③两边同时进行累积：$-qB\cdot\Delta y=mv_{x2}-mv_{x1}$	

利用上述方法可便捷的分析出某个方向上速度变化与垂直于速度方向位移的关系，对于一些“$f=kv$”型的题目，既可以用配速法解决，也可用正则动量定理思路去解决。

四、带电粒子在变化的电磁复合场中的运动问题：此类问题一般都具有周其[illegible]圣段分析几个过程，按照递推规律进行下去即可。

五、带电粒子在空间中电磁复合场中的运动问题：分析过程方法与平面相同[illegible]平面运动轨迹，根据几何关系分析出关键临界问题，还可能用到运动的合成与分解，此类[illegible]能力有一定的要求。



例题 引领

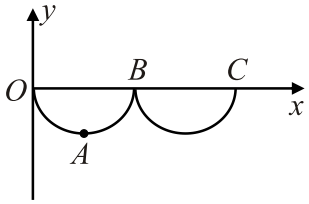
例 1 （多选）如图，xOy 坐标平面在竖直平面内，x 轴沿水平方向，y 轴正方向竖直向上，在图示空间内有垂直于 xOy 平面的水平匀强磁场，一质量为 m 的带电小球从 O 点由静止释放，运动轨迹如图中曲线，已知重力加速度为 g，关于带电小球的运动，下列说法中正确的是（　　）

A．OAB 轨迹为半圆

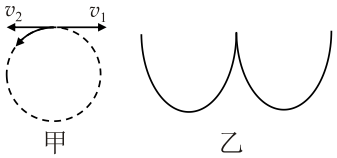
B．小球运动至最低点 A 时速度最大，且沿水平方向

C．小球在整个运动过程中机械能守恒

D．小球在 A 点时受到的洛伦兹力大小为 $3mg$



解析 小球释放后，整个过程只有重力做功，故机械能守恒，可以假定小球带正电，磁场方向垂直纸面向里，小球初速度为 0，可以将这个初速度分解为向右的速度 v_1 和向左的速度 v_2，且 $v_1=v_2$，$qv_1B=mg$，小球的运动可看做是 v_1 引起的向右的匀速直线运动和 v_2 引起的一开始向左的逆时针匀速圆周运动的两个分运动的合运动，故小球的轨迹是摆线，不是半圆，如图所示，且小球运动至最低点 A 时两个速度都向右为 $2v_1$，此时洛伦兹力大小为为 $2mg$，其他位置两个速度的矢量和都小于 $2v_1$，BC 对，AD 错。

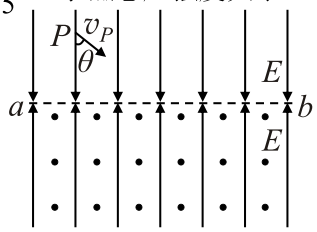


答案：BC

例 2 如图，水平线 ab 上方存在竖直向下的匀强电场，ab 以及 ab 下方都存在竖直向上的匀强电场，场强大小都相等，在 ab 下方同时存在垂直纸面向外的匀强磁场，P 为 ab 上方一点，到 ab 距离为 $2L$，一质量为 m、带电荷量为 $-q$（$q>0$）的带电小球从 P 点以大小为 $v_P=4\sqrt{gL}$、与竖直方向成 $\theta=30°$斜向下抛出，g 为重力加速度，经过 ab 上 C 点（图中未画出）时速度水平。

（1）求电场强度大小；

（2）小球经过 ab 下方 Q 点（图中未画出）时获得最大速度，Q 到 ab 的距离为 $\frac{16L}{5}$，求磁感应强度大小。



标题：一题用“动量”+“配速法”两种讲解。

解析 （1）小球在 ab 上方，对小球进行受力分析、用牛顿第二定律有 $F_合=qE-mg=ma$，合力与加速度的方向竖直向上，经过 ab 线时速度水平，竖直分速度 $v_y=0$，从 P 点到 C 点，竖直方向分速度匀减速到 0，由速度位移公式有 $(v_P\cos\theta)^2=2a\cdot 2L$，解得 $E=\frac{4mg}{q}$；（2）【方法一】小球在 C 点时的速度为 $v_C=v_p\sin\theta=2\sqrt{gL}$，电场力和重力的合外力：$F_2=qE+mg=5mg$，竖直向下，之后在重力、电场力和洛伦兹力作用下做曲线运动，根据左手定则可知小球运动到 Q 点时速度水平向右，设为 v_Q，从 C 到 Q，根据动能定理有 $F_2\cdot\frac{16L}{5}=\frac{1}{2}mv_Q^2-\frac{1}{2}mv_C^2$，解得 $v_Q=6\sqrt{gL}$，把小球从 C 到 Q 的过程分成无数个小过程：在第 1 个小过程中水平方向应用动量定理有 $qv_{y1}B\Delta T=mv_1-mv_C$，即 $qBy_1=mv_1-mv_C$，在第 2 个小过程中水平方向应用动量定理有 $qv_{y2}B\Delta T=mv_2-mv_1$，即 $qBy_2=mv_2-mv_1$，在第 3 个小过程中水平方向应用动量定理有 $qv_{y3}B\Delta T=mv_3-mv_2$，即 $qBy_3=mv_3-mv_2$，…，在第 n 个小过程中水平方向应用动量定理有 $qv_{yn}B\Delta T=mv_n-mv_{n-1}$，即 $qBy_n=mv_n-mv_{n-1}$，把以上各式相加有：$qB(y_1+y_2+y_3+\ldots+y_n)=mv_Q-mv_C$，而 $y_1+y_2+y_3+\ldots+y_n=\frac{16L}{5}$，可得 $B=\frac{5m\sqrt{gL}}{4qL}$。

【方法二】小球在 C 点时的速度为 $v_C=v_p\sin\theta=2\sqrt{gL}$，如图，将球在 C 点的速度分解为 v_1、v_2，且满足 $v_1-v_2=v_C$，$qv_1B=qE+mg$，可得 $v_1=\frac{5mg}{qB}$，$v_2=\frac{5mg}{qB}-2\sqrt{gL}$，当小球下落 $2R$ 时，v_1 与 v_2 同向，此时速度最大，依据题意知 $2R=\frac{16L}{5}$，故 $R=\frac{8L}{5}$，又因 $qv_2B=\frac{mv_2^2}{R}$，解得 $B=\frac{5m\sqrt{gL}}{4qL}$。





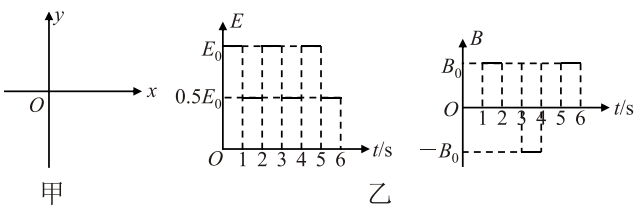
答案：（1）$\frac{4mg}{q}$；（2）$B=\frac{5m\sqrt{gL}}{4qL}$。

例 3 图甲为直角坐标 xOy，y 轴正向沿竖直向上方向，其所在空间分布着均匀的、大小随时间周期性变化的电场和磁场，其变化规律如图乙所示，规定电场强度方向沿 y 轴正向为正方向，磁感应强度方向垂直坐标 xOy 平面向里为正方向，$T=0$ 时刻，电荷量为 q、质量 m 的带正电粒子由坐标原点 O 静止释放，已知场强大小 $E_0=\frac{2mg}{q}$，磁感应强度大小 $B_0=\frac{2\pi m}{q}$，g 取 $10m/s^2$，求：

（1）$T=1s$ 末粒子速度的大小和方向；

（2）粒子第一次进入磁场时做圆周运动的半径和周期；

（3）在 $0-6s$ 内粒子运动过程中最高点的位置坐标。



甲　　乙

题精彩 未发现

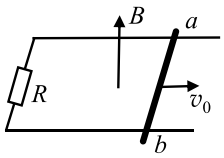
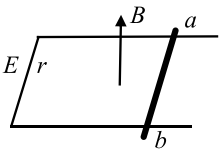
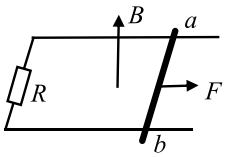
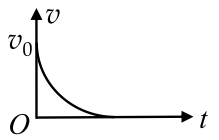
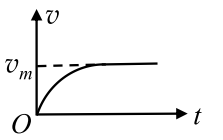
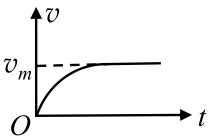
专题八十九 动生电动势与单棒切割模型

必备知识

一、动生电动势：由于导体运动而产生的电动势叫动生电动势。

切割方式	电动势表达式	说明
垂直切割	$E=BLv$	①导体棒与磁场方向垂直，磁场为匀强磁场 ②式中 L 为导体切割磁感线的有效长度
倾斜切割	$E=BLv\sin\theta$	θ 为 v 与 B 的夹角

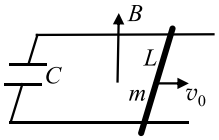
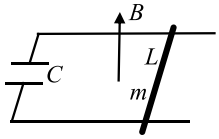
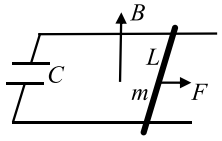
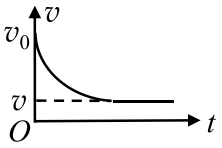
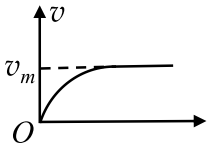
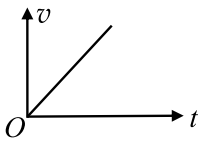
二、单棒切割模型

初态	$v_0\neq0$	$v_0=0$	
图示			
	质量为 m、单杆 ab 以一定初速度 v_0 在光滑水平轨道上滑动，两平行导轨间距为 L	轨道水平光滑，单杆 ab 质量为 m，电阻不计，两平行导轨间距为 L	轨道水平光滑，单杆 ab 质量为 m，电阻不计，两平行导轨间距为 L，拉力 F 恒定
运动分析	导体杆受到一个反向安培力，导体杆做加速度越来越小的减速运动，最终杆静止； 电荷量：$-B\bar{I}L\Delta t=0-mv_0$， $q=\bar{I}\Delta t$，$q=\dfrac{mv_0}{BL}$； 位移：$-\dfrac{B^2L^2\bar{v}}{R}\Delta t=0-mv_0$， $x=\bar{v}\Delta t=\dfrac{mv_0R}{B^2L^2}$。	伴随着杆的速度增大，感应电动势越来越大，导体杆做加速度越来越小的加速运动，最终以 v_m 匀速； 当 $E_{感}=BLv=E$ 时，v 最大，且 $v_m=\dfrac{E}{BL}$。	伴随着杆的速度增大，感应电动势越来越大，导体杆做加速度越来越小的加速运动，最终以 v_m 匀速； 当 $F_{安}=BIL=\dfrac{B^2L^2v}{R}=F$ 时， $a=0$，v 最大，且 $v_m=\dfrac{FR}{B^2L^2}$。
$v-t$ 图像			
能量分析	动能转化为内能：$\dfrac{1}{2}mv_0^2=Q$	电能转化为动能和内能： $E_{电}=\dfrac{1}{2}mv_m^2+Q$	外力做功转化为动能和内能：$W_F=\dfrac{1}{2}mv_m^2+Q$

专题九十一 电磁感应与电容问题

必备知识

电磁感应与电容问题案例分析：设导轨光滑，宽度 d，电阻不计，杆质量为 m，电容器电容为 C。

初态图示	若电容器原来不带电，给金属杆一个初速（无外力充电型）	若电容器原来带电 Q_0，金属棒无初速度，末速度为 v_m（无外力放电型）	导轨与金属杆电阻不计，有恒力 F（充电式电容器）
			
运动分析	安培力为阻力，杆减速，E 减小，有 $I=\dfrac{BLv-U_C}{R}$，电容器充电 U_C 变大，当 $BLv=U_C$ 时，$I=0$，$F_{安}=0$，杆匀速运动，杆做加速度 a 减小的减速运动，最终杆做匀速运动，此时 $I=0$， 电容器充入电荷量：$Q=CU$； 最终电容器两端电压：$U=BLv$； 杆最终速度：$mv-mv_0=-B\bar{I}L\cdot\Delta t=-BLQ$，$v=\dfrac{mv_0}{m+CB^2L^2}$。	电容器放电时，导体杆在安培力作用下开始运动，同时阻碍放电，导致电流减小，直至电流为零，此时 $I=0$，$U_C=BLv_m$，杆做加速度减小的加速运动，最终匀速运动； 最终电荷量：$Q=CU=CBLv_m$； 放电电荷量：$\Delta Q=Q_0-CBLv_m$； 杆最终速度： $mv_m-0=B\bar{I}L\cdot\Delta t=BL\Delta Q$， $v_m=\dfrac{BLQ_0}{m+CB^2L^2}$。	刚开始杆的速度 v 增大； 感应电动势：$E=BLv$，E 增大； 充入电荷量： $\Delta Q=C\Delta U=C\Delta E=CBL\Delta v$； 电流：$I=\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}=CBL\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=CBLa$； 安培力：$F_{安}=BIL=CB^2L^2a$； 加速度：$F-F_{安}=ma$， $a=\dfrac{F}{m+CB^2L^2}$（加速度恒定）。
$v-t$ 图像			

例题引领

例 1 如图，水平光滑的平行金属导轨 MM'，NN'，导轨间距 L，左端与电阻相连接，电阻阻值为 R，匀强磁场竖直向下分布在导轨所在的空间内，磁感应强度为 B，质量为 m 的金属棒在垂直导轨的方向上静止在导轨上，设导轨与棒的电阻均不计，g 取 $10m/s^2$，则：

（1）如图 1 在棒上施加一个垂直棒的恒力 F，求金属棒所能达到的最大速度 v_m 的大小；

（2）将电阻 R 换成电容器，电容为 C，在棒上施加一个垂直棒的恒力 F，如图 2 所示，当金属棒右移 x 时（未离开磁场，电容器充电时间不计，此时电容器未被击穿），求此时电容器的带电量 q；

（3）不加恒力 F，使棒以一定的初速度向右运动，如图 3 所示，当其通过位置 a 时速率表示为 v_a，通过位置 b 时速率表示为 v_b（注：v_a、v_b 未知），到位置 c 时棒刚好静止，a、b 与 b、c 的间距相等，金属棒在由 $a\to b$ 和 $b\to c$ 的两个过程中，回路中产生的电能 E_{ab} 与 E_{bc} 之比为多大。

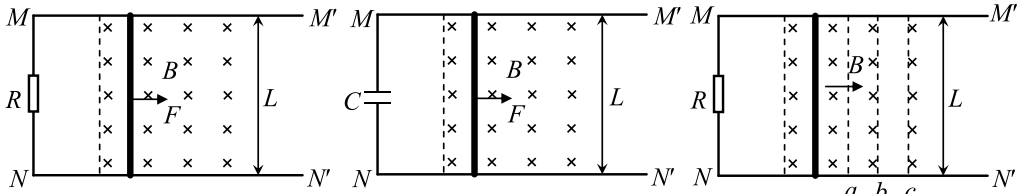


图1　图2　图3

专题九十二 双棒切割

必备知识

一、双棒切割模型特点

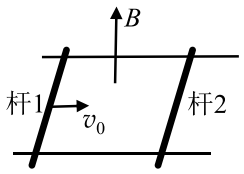
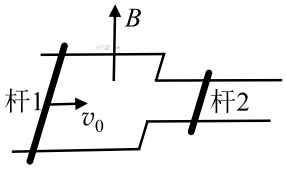
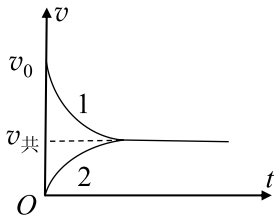
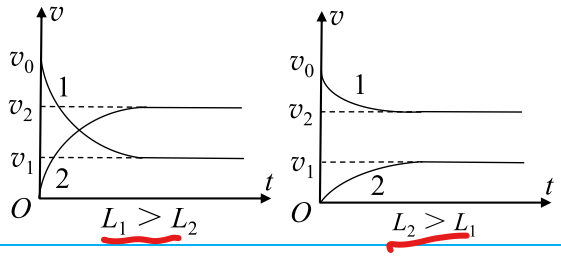
（1）两棒同时切割时，回路中的感应电动势由两杆共同决定，$E=\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}=BL_1v_1\pm BL_2v_2$（双棒在回路中电动势相反用减号，反之用加号）。

（2）电荷量问题：
$$\begin{cases}①BIL\Delta t=|mv_1-mv_2|=BLq\text{（合外力为安培力）}\Rightarrow q=\dfrac{m|\Delta v|}{BL}。\\ ②q=\bar{I}\cdot\Delta t=\dfrac{\bar{E}}{R}\cdot\Delta t=\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}\cdot\dfrac{1}{R}\cdot\Delta t=\dfrac{\Delta\Phi}{R}=B\cdot\dfrac{\Delta S}{R}=BL\cdot\dfrac{\Delta x}{R}。\text{(两棒等距时最后一步才成立)}\end{cases}$$

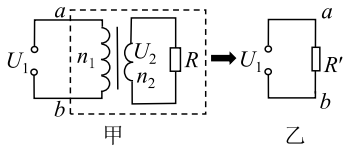
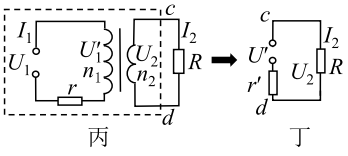
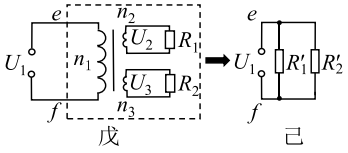
（3）动量守恒定律在电磁感应中的应用：$m_1v_1+m_2v_2=m_1v_1'+m_2v_2'$（两棒各自受到的合外力仅为安培力，且两安培力等大反向）。

二、电磁感应中的“双杆”问题分析

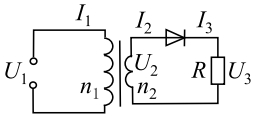
（1）初速度不为零，不受其他水平外力的作用

	光滑等距平行导轨	光滑不等距导轨（分析 $L_1>L_2$ 情况）
图示		
	质量 m_1、m_2；电阻 R_1、R_2；长度 L	质量 m_1、m_2；电阻 R_1、R_2；长度 L_1、L_2
$v-t$ 图像		
运动分析	电流：$I=\dfrac{BLv_1-BLv_2}{R_1+R_2}=\dfrac{BL(v_1-v_2)}{R_1+R_2}$； v_2 等于 0 时，I 最大；$v_2=v_1$ 时，I 为 0； 动量守恒：$m_1v_0=(m_1+m_2)v_{共}$； 能量守恒：$\dfrac{1}{2}m_1v_0^2=\dfrac{1}{2}(m_1+m_2)v_{共}^2+Q$； 双棒热量比：$\dfrac{Q_1}{Q_2}=\dfrac{R_1}{R_2}$； 冲量大小比：$\left\lvert\dfrac{I_{冲量1}}{I_{冲量2}}\right\rvert=\dfrac{F_1}{F_2}=\dfrac{BIL}{BIL}=1$； 冲量：$I_{冲量1}=m_1v_{共}-m_1v_0$，$I_{冲量2}=m_2v_{共}-0$； 稳定条件：$v_2=v_1$； 最终速度：$v_2=v_1=v_{共}=\dfrac{m_1v_0}{m_1+m_2}$； 电荷量：$q=\dfrac{m_1v_0-m_1v_{共}}{BL}=\dfrac{m_2v_{共}}{BL}$。	电流：$I=\dfrac{BL_1v_1-BL_2v_2}{R_1+R_2}$； v_2 等于 0 时，I 最大；$BL_1v_1=BL_2v_2$ 时，I 为 0； 能量守恒：$\dfrac{1}{2}m_1v_0^2=\dfrac{1}{2}m_1v_1^2+\dfrac{1}{2}m_2v_2^2+Q$； 双棒热量比：$\dfrac{Q_1}{Q_2}=\dfrac{R_1}{R_2}$； 冲量大小比：$\left\lvert\dfrac{I_{冲量1}}{I_{冲量2}}\right\rvert=\dfrac{F_1}{F_2}=\dfrac{BIL_1}{BIL_2}=\dfrac{L_1}{L_2}$； 冲量：$I_{冲量1}=m_1v_1-m_1v_0$，$I_{冲量2}=m_2v_2-0$； 稳定条件：$BL_1v_1=BL_2v_2$； 最终速度：$v_1=\dfrac{m_1L_2^2v_0}{m_1L_2^2+m_2L_1^2}$，$v_2=\dfrac{m_1L_2L_1v_0}{m_1L_2^2+m_2L_1^2}$； 电荷量：$q=\dfrac{m_2v_2}{BL_2}=\dfrac{m_1v_0-m_1v_1}{BL_1}$。

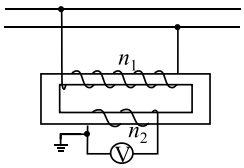
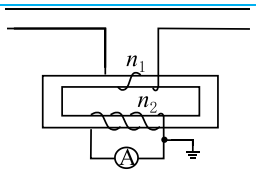
四、变压器等效原理

	等效电阻	等效电源	多个副线圈等效电阻
图示			
分析	图甲中负载电阻 R 消耗的功率为 $P=\frac{U_2^2}{R}$，图乙中等效电阻消耗的功率为 $P=\frac{U_1^2}{R'}$，又因 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$，解得 $R'=(\frac{n_1}{n_2})^2\cdot R$。	图丙中原线圈电压为 $U_1'=U_1-I_1r$，副线圈电压为 $U_2=\frac{n_2}{n_1}\cdot U_1'$，图丁中满足 $U_2=U'-I_2r'$，又因 $\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$，解得 $U'=\frac{n_2}{n_1}\cdot U_1$，$r'=(\frac{n_2}{n_1})^2\cdot r$。	图戊中有多个副线圈，可以将每个副线圈上电阻分别等效到原线圈上去，在图己的等效电路中，副线圈间关系是并联关系，每个等效电阻与单个等效电阻法相同。
结论	$R'=(\frac{n_1}{n_2})^2\cdot R$	$U'=\frac{n_2}{n_1}\cdot U_1$；$r'=(\frac{n_2}{n_1})^2\cdot r$	$R_1'=(\frac{n_1}{n_2})^2\cdot R_1$；$R_2'=(\frac{n_1}{n_3})^2\cdot R_2$

五、变压器含二极管问题

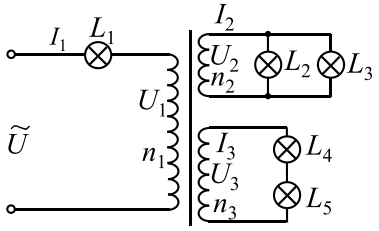
图示	分析
	原线圈的电压有效值为 U_1，原、副线圈匝数比为 $\frac{n_1}{n_2}$，副线圈的电压有效值 $U_2=\frac{n_2}{n_1}U_1$，电阻两端的电压有效值满足 $\frac{U_3^2}{R}\cdot T=\frac{U_2^2}{R}\cdot\frac{T}{2}$，即 $U_3=\frac{U_2}{\sqrt{2}}=\frac{n_2}{n_1}\cdot\frac{U_1}{\sqrt{2}}$，流过电阻电流 $I_3=\frac{U_3}{R}=\frac{n_2}{n_1}\cdot\frac{U_1}{\sqrt{2}R}$，（由能量守恒有 $I_1U_1=I_2U_2=I_3U_3$，解得 $I_1=(\frac{n_2}{n_1})^2\cdot\frac{U_1}{2R}$，$I_2=\frac{n_2}{n_1}\cdot\frac{U_1}{2R}$，有争议，出版时删）原线圈若含有电阻，可用上面等效电源法分析。

六、互感器：电压互感器与电流互感器比较

类别	电压互感器	原、副线圈的连接	原理与作用
图示		原线圈并联在高压电路中，副线圈连接交流电压表	原理：$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$ 作用：将高电压变为低电
电流互感器		原线圈串联在高压电路中，副线圈连接交流电流表	原理：$I_1n_1=I_2n_2$ 作用：将大电流变为小电流

例题引领

例 1 如图，正弦式交变电源的输出电压和电流分别为 U 和 I_1，理想变压器原线圈的输入电压为 U_1，两个副线圈的输出电压和电流分别为 U_2 和 I_2、U_3 和 I_3，接在原副线圈中的五个完全相同的灯泡均正常发光，则下列表述正确的是（　　）



A．$I_1:I_2:I_3=1:3:1$

B．$U_1:U_2:U_3=4:1:2$

C．线圈匝数 $n_1:n_2:n_3=2:1:2$

D．$U:U_1=4:3$

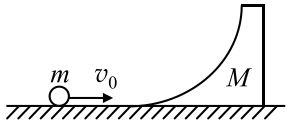
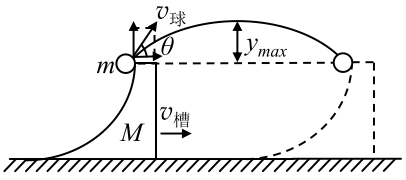
由动量守恒 $mv_0=(m+nm)v_{共}$，解得 $v_{共}=\dfrac{v_0}{n+1}$，系统因摩擦产生的热量为 $Q_2=\dfrac{1}{2}(m+nm)v_{共}^2$，所以 $\dfrac{Q_1}{Q_2}=\dfrac{4n}{n+1}$，取向右为正方向，对系统用动量定理有 $-k\overline{v'}\Delta t'=0-(n+1)mv_{共}$，而 $x_2=\overline{v'}\Delta t'$，联立解得 $x_2=\dfrac{mv_0}{k}$，所以 $\dfrac{x_1}{x_2}=\dfrac{2n}{n+1}$。

答案：（1）$x_1=\dfrac{2nmv_0}{k(n+1)}$，$Q_1=\dfrac{2nmv_0^2}{(n+1)^2}$；（2）$\dfrac{2n}{n+1}$，$\dfrac{4n}{n+1}$。

专题一百四十六　一个方向动量守恒

必备知识

一个方向动量守恒案例分析

分析	质量为 M 的斜面槽静止在光滑水平面上，底部与桌面相切，质量为 m 的小球初速度 v_0 水平向右，设小球不冲出斜面槽，则小球到达最高点时，竖直方向上的速度为零，小球与斜面槽水平向右共速，此过程中，系统水平方向上不受合外力，故系统水平方向上动量守恒，下来过程也是如此。
小球从开始到最高点	$\begin{cases} mv_0=(m+M)v_{共} \\ -mgh_{max}=\dfrac{1}{2}(m+M)v_{共}^2-\dfrac{1}{2}mv_0^2 \end{cases}\Rightarrow h_{max}=\dfrac{Mv_0^2}{2g(m+M)}$（相当于完全非弹性碰撞）
小球从开始到最高点再下来	$\begin{cases} mv_0=mv_1+Mv_2 \\ \dfrac{1}{2}mv_0^2=\dfrac{1}{2}mv_1^2+\dfrac{1}{2}Mv_2^2 \end{cases}\Rightarrow\begin{cases} v_1=\dfrac{(m-M)v_0}{m+M} \\ v_2=\dfrac{2mv_0}{m+M} \end{cases}$（相当于完全弹性碰撞）
若小球能冲出斜面槽	小球冲出斜面槽时，二者水平方向上速度相等，小球有竖直方向上速度，故小球做斜抛运动，且小球还会再次落到斜面槽最高点，若再次落到斜面槽最高点时无能量损失，小球会继续滑下，整个过程相当于完全弹性碰撞。 $\begin{cases} mv_0=(m+M)v_{槽} \\ -mgh_{槽max}=\dfrac{1}{2}Mv_{槽}^2+\dfrac{1}{2}mv_{球}^2-\dfrac{1}{2}mv_0^2 \\ v_{槽}=v_{球}\cos\theta \end{cases}$
注意	由于竖直方向上动量不守恒，系统水平方向上动量守恒，故整个系统动量不守恒

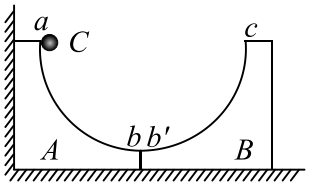
例题引领

例 1 如图，半径均为 R，质量均为 M，内表面光滑的两个完全相同的$\dfrac{1}{4}$圆槽 A、B 并排放在光滑的水平面上，图中 a、c 分别为 A、B 槽的最高点，b、b'分别为 A、B 槽的最低点，A 槽的左端紧靠着墙壁，一个质量为 m 的小球 C 从圆槽的顶端的 a 点无初速度释放，求：

（1）小球 C 从 a 点运动到 b 点时的速度及 A 槽对地面的压力；

（2）小球 C 在 B 槽内运动所能到达最大高度；

（3）B 的最大速度是多少？

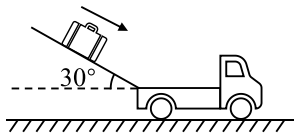


解析 （1）C 下滑到 b 点过程中由动能定理有 $mgR=\dfrac{1}{2}mv^2$，解得 $v=\sqrt{2gR}$，在 b 点，对小球进行受力分析、用牛

顿第二定律有 $F-mg=m\frac{v^2}{R}$，解得 $F=3mg$，由牛顿第三定律知 C 对 A 的压力 $F'=F=3mg$，对 A 受力分析有 $N=F'+Mg=3mg+Mg$；（2）B、C 系统在水平方向上不受力，故在水平方向动量守恒，取向右为正方向，由动量守恒有 $mv=(M+m)v'$，由动能定理有 $-mgh=\frac{1}{2}(M+m)v'^2-\frac{1}{2}mv^2$，解得 $h=\frac{MR}{M+m}$；（3）B、C 分离时 B 的速度最大，B、C 组成的系统在水平方向动量守恒，以向右为正方向，由动量守恒定律有 $mv=mv''+Mv_{Bmax}$，由机械能守恒定律有 $\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}mv''^2+\frac{1}{2}Mv_{Bmax}^2$，解得 $v_{Bmax}=\frac{2m\sqrt{2gR}}{M+m}$。

答案：（1）$v=\sqrt{2gR}$，$N=3mg+Mg$；（2）$\frac{MR}{M+m}$；（3）$\frac{2m\sqrt{2gR}}{M+m}$。

例 2 如图，从倾角为 30°、长为 0.3m 的光滑斜面上滑下质量为 2kg 的货包，掉在质量为 13kg 的小车里，若小车与水平面之间的动摩擦因数 $\mu=0.02$，则小车与包共速后能前进多远？（g 取 10m/s^2）



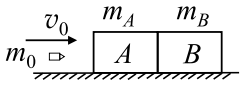
解析 货包在斜面上下滑的过程，由动能定理有 $mgLsin30°=\frac{1}{2}mv_0^2$，解得 $v_0=\sqrt{3}$m/s，货包掉入小车的过程，取水平向右为正方向，由水平动量守恒有 $mv_0cos30°=(m+M)v$，解得 $v=0.2$m/s，货包与小车共速后由动能定理有 $-\mu(m+M)gx=0-\frac{1}{2}(m+M)v^2$，解得 $x=0.1m$。

答案：小车能前进 0.1m。

专题一百四十七 子弹打木块

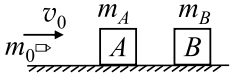
必备知识

一、地面光滑，A、B 在一块：质量为 m_A、m_B 两个木块 A、B 紧挨放在光滑的水平面上，一颗质量为 m_0 的子弹以速度 v_0 水平飞来打进木块。

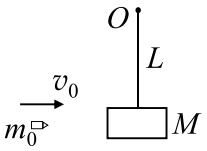
图示	①子弹留在 A 中
	$\begin{cases} m_0v_0=(m_0+m_A+m_B)v_{共} \\ fL_A=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}(m_0+m_A+m_B)v_{共}^2 \end{cases}$

②穿过 A，留在 B 中	③穿过 B
$\begin{cases} m_0v_0=m_0v_1+(m_A+m_B)v_{共1} \\ m_0v_1+m_Bv_{共1}=(m_0+m_B)v_{共2} \\ fL_A=\frac{1}{2}m_0v_0^2-\frac{1}{2}(m_A+m_B)v_{共1}^2-\frac{1}{2}m_0v_1^2 \\ fL_B=\frac{1}{2}m_0v_1^2+\frac{1}{2}m_Bv_{共1}^2-\frac{1}{2}(m_0+m_B)v_{共2}^2 \end{cases}$	$\begin{cases} m_0v_0=m_0v_1+(m_A+m_B)v_{共1} \\ m_0v_1+m_Bv_{共1}=m_0v_2+m_Bv_B \\ fL_A=\frac{1}{2}m_0v_0^2-\frac{1}{2}(m_A+m_B)v_{共1}^2-\frac{1}{2}m_0v_1^2 \\ fL_B=\frac{1}{2}m_0v_1^2+\frac{1}{2}m_Bv_{共1}^2-\frac{1}{2}m_0v_2^2-\frac{1}{2}m_Bv_B^2 \end{cases}$

二、地面光滑，A、B 分开：质量为 m_A、m_B 两个木块 A、B 分开放在光滑的水平面上，一颗质量为 m_0 的子弹以速度 v_0 水平飞来打进木块。

图示	①若子弹留在 A 中	②若子弹穿过 A，留在 B 中	③若子弹穿过 B
	$\begin{cases} m_0v_0=(m_0+m_A)v_{共} \\ fL_A=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}(m_0+m_A)v_{共}^2 \end{cases}$	$\begin{cases} m_0v_0=m_0v_1+m_Av_A \\ m_0v_1=(m_0+m_B)v_{共} \\ fL_A=\frac{1}{2}m_0v_0^2-\frac{1}{2}m_Av_A^2-\frac{1}{2}m_0v_1^2 \\ fL_B=\frac{1}{2}m_0v_1^2-\frac{1}{2}(m_0+m_B)v_{共}^2 \end{cases}$	$\begin{cases} m_0v_0=m_0v_1+m_Av_A \\ m_0v_1=m_0v_2+m_Bv_B \\ fL_A=\frac{1}{2}m_0v_0^2-\frac{1}{2}m_Av_A^2-\frac{1}{2}m_0v_1^2 \\ fL_B=\frac{1}{2}m_0v_1^2-\frac{1}{2}m_0v_2^2-\frac{1}{2}m_Bv_B^2 \end{cases}$

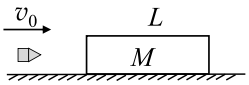
三、子弹吊打木块：质量为 M 的木块用长为 L 的绳子吊在 O 点，一颗质量为 m_0 的子弹以速度 v_0 块，只考虑子弹留在木块中。

图示	第一个子弹打进：$m_0v_0=(m_0+M)v_{共1}$	
	① 若 $v_{共1}\le\sqrt{2gL}$	② 若 $v_{共1}\ge\sqrt{5gL}$
	第 2 个子弹打进去：$m_0v_0-(m_0+M)v_{共1}=0$ 第 3 个子弹打进去：$m_0v_0=(3m_0+M)v_{共3}$ 第 4 个子弹打进去：$m_0v_0-(3m_0+M)v_{共3}=0$ 第 5 个子弹打进去：$m_0v_0=(5m_0+M)v_{共5}$ 第 n 个子弹打进去： $v_{共n}=\begin{cases}\frac{m_0v_0}{nm_0+M} & (n\text{为奇数}) \\ 0 & (n\text{为偶数})\end{cases}$	第 2 个子弹打进去： $m_0v_0+(m_0+M)v_{共1}=(2m_0+M)v_{共2}$ 第 3 个子弹打进去： $m_0v_0+(2m_0+M)v_{共2}=(3m_0+M)v_{共3}$ 第 n 个子弹打进去： $m_0v_0+[(n-1)m_0+M]v_{共n-1}=(nm_0+M)v_{共n}$ 解得：$v_{共n}=\frac{nm_0v_0}{nm_0+M}$

例题引领

例 1 长为 L，质量为 M 的木块静止在光滑水平面上，质量为 m 的子弹以水平速度 v_0 射入木块并从中射出，已知从子弹射入到射出木块移动的距离为 s，则子弹穿过木块所用的时间为（　　）

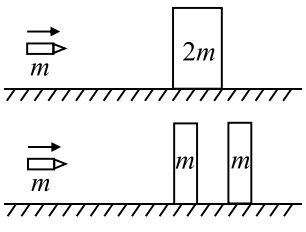
A. $\frac{L+s}{v_0}$　　B. $\frac{1}{v_0}[L+(1+\frac{M}{m})s]$　　C. $\frac{1}{v_0}[L+(1+\frac{m}{M})s]$　　D. $\frac{1}{v_0}[s+(1+\frac{M}{m})L]$



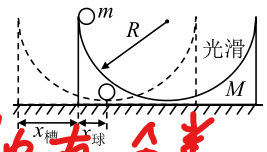
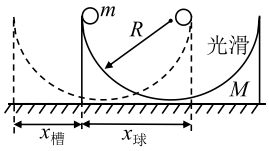
解析 设子弹穿过木块后子弹的速度为 v_1，木块的速度为 v_2，取水平向右为正方向，由子弹和木块系统动量守恒有 $mv_0=mv_1+Mv_2$，设子弹与木块间的摩擦力为 f，对木块、子弹分别用动能定理有 $fs=\frac{1}{2}Mv_2^2$，$-f(s+L)=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_0^2$，对木块用动量定理有 $ft=Mv_2$，联立解得 $t=\frac{1}{v_0}[L+(1+\frac{M}{m})s]$，B 对。

答案：B

例 1 装甲车和战舰采用多层钢板比采用同样质量的单层钢板更能抵御穿甲弹的射击，通过对以下简化模型的计算可以粗略说明其原因，质量为 $2m$、厚度为 $2d$ 的钢板静止在水平光滑桌面上，质量为 m 的子弹以某一速度垂直射向该钢板，刚好能将钢板射穿，现把钢板分成厚度均为 d、质量均为 m 的相同两块，间隔一段距离水平放置，如图所示，若子弹以相同的速度垂直射向第一块钢板，穿出后再射向第二块钢板，求子弹射入第二块钢板的深度，设子弹在钢板中受到的阻力为恒力，且两块钢板不会发生碰撞不计重力影响。



二、小球、圆槽人船模型案例

条件	圆槽内外壁光滑，小球、圆槽质量分别为 m、M，圆槽内半圆半径为 R，小球静止释放	
	小球从圆槽最高点滑到圆槽最低点	小球从圆槽左侧最高点滑到圆槽右侧最高点
图示		
球视为质点	$x_{球}=\dfrac{MR}{m+M}$，$x_{槽}=\dfrac{mR}{m+M}$	$x_{球}=\dfrac{M\cdot 2R}{m+M}$，$x_{槽}=\dfrac{m\cdot 2R}{m+M}$
球半径为 r	$x_{球}=\dfrac{M(R-r)}{m+M}$，$x_{槽}=\dfrac{m(R-r)}{m+M}$	$x_{球}=\dfrac{M\cdot 2(R-r)}{m+M}$，$x_{槽}=\dfrac{m\cdot 2(R-r)}{m+M}$

《物理专题》独有分类.

三、爆炸问题

动量守恒	爆炸物体间的相互作用力远远大于受到的外力，所以在爆炸过程中，系统的总动量守恒
动能增加	在爆炸过程中，有化学能转化为动能
位置不变	爆炸的时间极短，因而作用过程中物体产生的位移很小，可以认为爆炸后各部分仍然从爆炸前的位置以新的动量开始运动

四、反冲问题

（1）定义：当物体的一部分以一定的速度离开物体时，剩余部分将获得一个反向冲量，这种现象叫做反冲运动。发射炮弹、发射火箭等。

作用原理	反冲运动是系统内物体之间的作用力和反作用力产生的效果
动量守恒	反冲运动中系统不受外力或内力远大于外力，所以反冲运动遵循动量守恒定律有三种情况：①动量守恒；②动量近似守恒；③某一方向上动量守恒。
机械能增加	反冲运动中，如果有其他形式的能转化为机械能，系统的总机械能增加

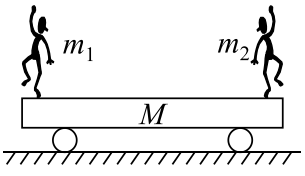
（2）火箭

设火箭飞行时在极短的时间 Δt 内喷射燃气的质量是 Δm，喷出的燃气相对喷气前火箭的速度是 u，喷出燃气后火箭的质量是 m，火箭在这样一次喷气后增加的速度为 Δv。

以喷气前的火箭为参考系。喷气前火箭的动量是 0，喷气后火箭的动量是 $m\Delta v$，燃气的动量是 Δmu，根据动量守恒定律，喷气后火箭和燃气的总动量仍然为 0，所以 $m\Delta v+\Delta mu=0$，解出 $\Delta v=-\dfrac{\Delta m}{m}u$。

例题引领

例 1 如图，质量分别为 m_1 和 m_2（$m_1>m_2$）的两个人分别站在静止于光滑水平面上的质量为 M 的小车的两端，小车长为 L，当两人交换位置时，车将向哪个方向移动，移动多大距离。



两种方法.

解析 【方法一】设当两人交换位置时，车将向右移动的距离为 x，则在此过程中，质量为 m_1 的人相对于地的位移为 $x+L$，质量 m_2 的人相对于地的位移大小为 $L-x$，取水平向右为正方向，由动量守恒定律有 $0=M\dfrac{x}{t}+m_1\dfrac{x+L}{t}-m_2\dfrac{L-x}{t}$，解得 $x=\dfrac{m_1-m_2}{M+m_1+m_2}L$，因 $m_1>m_2$，故 $x<0$，说明小车向左移动；

【方法二】可认为 m_2 不动，m_1 中仅有(m_1-m_2)部分运动到小车右端，$(M+2m_2)$部分视为“车”，由动量守恒有$(m_1$

精彩内容太多，每一页皆为精品。

页码有限，愿意拥有本书的，加任老师微信

预定，预定后，赠《严选精编》。

东北师范大学出版社



孤帆远影

河南 郑州



扫一扫上面的二维码图案，加我为朋友

东北师范大学出版社



