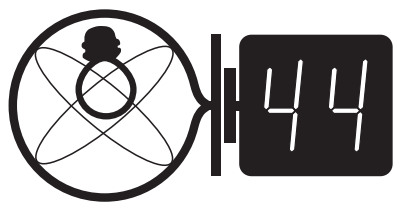


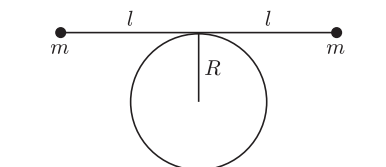
Klub 44

Zadania z fizyki nr 564, 565

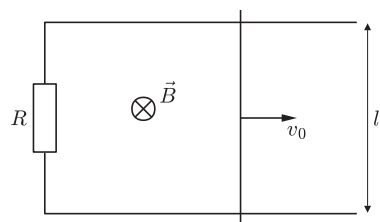
Redaguje Elżbieta ZAWISTOWSKA



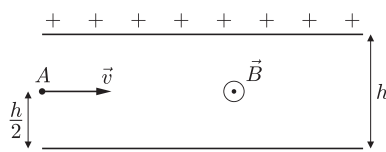
Termin nadsyłania rozwiązań:
31 XII 2013



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

Czołówka ligi zadaniowej **Klub 44 F**
po uwzględnieniu ocen rozwiązań zadań
552 ($WT = 1,95$) i 553 ($WT = 2,7$)
z numeru 2/2013

Andrzej Nowogrodzki	Chocianów	43,72
Andrzej Idzik	Bolesławiec	37,90
Krzysztof Magiera	Łosiów	36,34
Michał Koźlik	Gliwice	28,47

564. Na nieruchomym walcu o promieniu R leży nieważki pręt o długości $2l$, na którego końcach znajdują się małe kulki o masach m (rys. 1). Znajdź okres małych drgań pręta wokół położenia równowagi. Nie ma poślizgu między walcem a prętem.

565. Po równoległych, poziomych szynach spiętych oporem R może poruszać się bez tarcia pręt o masie m . Układ znajduje się w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji B . Linie pola magnetycznego są prostopadłe do płaszczyzny szyn (rys. 2). Odległość między szynami wynosi l . W chwili początkowej prętowi nadano prędkość v_0 , równoległą do szyn. Jaką drogę przebędzie pręt do momentu zatrzymania? Jaki ładunek przepłynie w tym czasie przez opór R ? Opór szyn i pręta zaniedbujemy.

Rozwiązania zadań z numeru 6/2013

Przypominamy treść zadań:

560. Jeżeli w pewnym inercjalnym układzie odniesienia istnieje tylko pole elektryczne \vec{E} , to w układzie poruszającym się z prędkością \vec{v} względem układu pierwotnego, gdy możemy zaniedbać efekty relatywistyczne, istnieje również pole magnetyczne $\vec{B}' = -(\vec{v} \times \vec{E})/c^2$, gdzie c jest prędkością światła. Sprawdź prawdziwość tego stwierdzenia na przykładzie pola od ładunku punktowego, rozważanego w obu układach.

561. Kondensator płaski umieszczono w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji B (rys. 3). Napięcie między okładkami kondensatora wynosi U , odległość między okładkami h . Z punktu A wylatuje elektron prostopadłe do linii pola magnetycznego. Jaki warunek musi spełniać prędkość elektronu, żeby przeleciał on przez kondensator bez kontaktu z jego okładkami? Siły ciężkości nie uwzględniamy, efekty relatywistyczne możemy zaniedbać.

560. Niech układ K' porusza się z prędkością \vec{v} względem układu inercjalnego K . Rozważmy ładunek punktowy q spoczywający w początku układu K . Pole elektryczne od tego ładunku w punkcie opisanym wektorem położenia \vec{r} ma postać: $\vec{E} = q\vec{r}/(4\pi\epsilon_0 r^3)$. W układzie K' ładunek q porusza się prędkością $-\vec{v}$ i w przybliżeniu nierelatywistycznym możemy go potraktować jako stały prąd elektryczny. Natężenie prądu dane jest wzorem $I = q/\Delta t$, gdzie Δt jest czasem, w którym ładunek przemieszcza się o $\Delta \vec{l} = -\vec{v} \cdot \Delta t$. Stąd $I\Delta \vec{l} = -q\vec{v}$. Zgodnie z prawem Biota-Savarta pole magnetyczne wytworzone w układzie K' przez poruszający się ładunek ma postać:

$$\vec{B}' = \mu_0 I \Delta \vec{l} \times \frac{\vec{r}}{4\pi r^3} = -\mu_0 q \vec{v} \times \frac{\vec{r}}{4\pi r^3} = -\mu_0 q \vec{v} \times \frac{\vec{E}}{c^2} = -\vec{v} \times \frac{\vec{E}}{c^2}.$$

Gdy w pierwotnym układzie K obok pola elektrycznego występuje również pole magnetyczne \vec{B} , pole magnetyczne w układzie K' ma postać: $\vec{B}' = \vec{B} - \vec{v} \times \vec{E}/c^2$. Jest to wzór przybliżony, słuszny jedynie dla $v \ll c$, kiedy możemy zaniedbać opóźnienie związane ze skończonym rozchodzeniem się sygnału elektromagnetycznego.

Otrzymany wzór pokazuje, że w przybliżeniu nierelatywistycznym pole magnetyczne nie zmienia się przy przejściu z jednego układu inercjalnego do innego.

561. W chwili początkowej na elektron działa siła elektryczna skierowana w górę i siła magnetyczna skierowana w dół. Rozważmy przypadek, gdy siły te równoważą się, czyli prędkość elektronu wynosi $v_0 = E/B = U/(hB)$. W układzie K związanym z kondensatorem elektron porusza się wtedy ruchem prostoliniowym z prędkością v_0 . W układzie odniesienia K' poruszającym się względem K z prędkością \vec{v}_0 elektron ten spoczywa, czyli siła magnetyczna na niego nie działa. Oznacza to, że w układzie K' nie może również działać siła elektryczna, czyli w układzie tym nie ma pola elektrycznego. Elektron wylatujący z punktu A z prędkością \vec{v} ma w układzie K' prędkość $\vec{v} - \vec{v}_0$ i porusza się po okręgu o promieniu $R = m|\vec{v} - \vec{v}_0|/(eB)$, stycznym do prostej równoległej do prędkości \vec{v} (m i e oznaczają odpowiednio masę i wartość bezwzględną ładunku elektronu). Ponieważ mamy do czynienia z przypadkiem nierelatywistycznym, wektor indukcji pola magnetycznego w układzie K' nadal wynosi \vec{B} (patrz zadanie 560). W układzie związanym z kondensatorem ruch elektronu jest złożeniem ruchu po okręgu oraz ruchu postępowego z prędkością \vec{v}_0 . Elektron przeleci przez kondensator bez kontaktu z okładkami, gdy $2R < h/2$. Zatem prędkość elektronu musi spełniać warunki:

$$v < \frac{U}{hB} + \frac{eBh}{4m} \quad \text{oraz} \quad v > \frac{U}{hB} - \frac{eBh}{4m}, \quad \text{gdy} \quad \frac{U}{hB} \geq \frac{eBh}{4m}, \quad \text{i} \quad v \geq 0, \quad \text{gdy} \quad \frac{U}{hB} < \frac{eBh}{4m}.$$